EDITORA GLOBO

ESTUDO PRÁTICO DA BOTÂNICA GERAL

ALARICH R. SCHULTZ

Obras do autor:

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA
BOTÂNICA SISTEMÁTICA (2 volumes)

BOTÂNICA NA ESCOLA SECUNDÁRIA

DICIONÁRIO DE BOTÂNICA NA
ENCICLOPÉDIA DO CURSO SECUNDÁRIO

Publicações da Editora Globo

FICHA CATALOGRÁFICA

Schultz, Alarich R

S 387 e Estudo prático da botânica geral.
4. ed. Porto Alegre, Globo |1972|
xviii, 278 p. 22,5 cm.

1. Botânica. I. Título.

(Colaboração da
Editora Globo)

CDD 581

ESTUDO PRÁTICO DA BOTÂNICA GERAL

ALARICH R. SCHULTZ

Catedrático de Botânica na Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Filosofia pela Universidade de Marburg/Lanh Alemanha

4.ª EDIÇÃO

1.ª impressão

EDITORA GLOBO
PORTO ALEGRE

Homenagem à memória
dos colegas e amigos
Eng.º Pedro Vives Bonnet
e
Dr. Carlos Hogetop

PREFÁCIO DA 2.ª EDIÇÃO

A primeira edição deste opúsculo foi elaborada de acordo com os programas dos cursos Pré-médico e Pré-técnico dos antigos Colégios Universitários. Retardada a sua impressão por motivos alheios ao Autor e à Livraria do Globo, veio a ser publicado somente em 1943, época em que nossos programas tinham sofrido reforma total. Apesar disto, para surpresa minha e dos editores, granjeou amigos. Introduziu-se cada ano mais profundamente nos meios estudantis e profissionais.

Esgotada a edição presente, promovi uma revisão completa sem alterar as linhas mestras do livrinho. Modernizei os textos de acordo com os progressos dos 12 anos decorridos desde que concebi o primeiro manuscrito em 1940. Ampliei o escopo em vários parágrafos. Aumentei o número de exemplos para os exercícios práticos. Substituí e introduzi algumas figuras.

Na parte da Fisiologia, convidei o Prof. Carlos Hogetop para reescrever os 3 capítulos iniciais. Pois, sendo o referido colega professor desta disciplina no curso de História Natural da Faculdade de Filosofia da Universidade do Rio Grande do Sul, julguei estar ele em melhores condições para executar a tarefa do que eu que me preocupei, exclusivamente, com assuntos anatômicos e sistemáticos, durante os anos passados.

Na presente forma, deve o livro preencher as exigências dos programas mais vastos, propostos para os cursos secundários, bem como dar as informações mínimas, indispensáveis ao estudante do curso superior. Ainda para favorecer aos candidatos dos vestibulares e preencher uma lacuna em relação aos programas do ensino secundário, acrescentei uma pequena parte denominada "Noções de Botânica Sistemática". Esta visa fornecer uma súmula dos princípios básicos contidos em minha obra maior, intitulada "Introdução ao Estudo da Botânica Sistemática".

Para evitar um aumento de preço muito elevado, comprimi as "Noções" num espaço mínimo. Assim, não podiam deixar de ser tratadas duma maneira bastante resumida e simples.

Recomendo esta reedição à benevolência dos leitores, colegas e estudantes, de cujo brilho intelectual espero receber críticas construtivas que agradecerei sinceramente.

Por fim, deixo externado aqui os meus profundos agradecimentos a todos que me ajudaram nesta árdua tarefa: à Editora Globo, que acolheu o manuscrito com compreensão e entusiasmo; ao eminente colega Carlos Hogetop, que me honrou aceitando meu convite; à instrutora bacharela Maria H. Homrich, que executou os desenhos de muitas ilustrações, e "last not least" à aluna-assistente Anctila Rhoden pela eficiente ajuda na datilografia e revisão do texto.

Porto Alegre, 16-X-52.

Alarich R. Schultz

PREFÁCIO DA 3.ª EDIÇÃO

Os progressos impetuosos em ritmo crescente de todas as Ciências Experimentais da atualidade impuseram uma atualização dos conceitos externados neste texto. De todos os capítulos, os referentes à Citologia e ao Metabolismo foram os mais profundamente atingidos. Cedendo aos pedidos de colegas e estudantes, recebeu a parte da Fisiologia o acréscimo de Observações Práticas. As experiências descritas, ensaiadas nos nossos laboratórios, devemos à incansável colaboração da Instrutora da Cadeira de Botânica da Faculdade de Filosofia da URGS, licenciada Maria H. Homrich, que com proficiência e abnegação, dignas de todos os elogios, soube encher o claro deixado pelo saudoso Prof. Carlos Hogetop.

Não mudamos a orientação básica, exposta no Prefácio da 2.ª edição, e, na medida do possível, evitamos aumentos substanciais na extensão do texto e das ilustrações, pois desejamos continuar a merecer a benevolente preferência dos estudiosos, sejam mestres sejam alunos dos diversos graus secundários e superiores.

Aos meus leitores, aos editores e aos meus colaboradores, os meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Porto Alegre, 16-X-62.

Alarich R. Schultz

PREFÁCIO DA 4.ª EDIÇÃO

Cedendo à imposição do progresso incessante da Ciência, o Autor se viu obrigado a rever e reformular parte desta obra, sem mudar a orientação básica, exposta no Prefácio da 2.ª e 3.ª edição.

Agradecendo aos nossos dedicados Editores e incansáveis colaboradores, recomendamos o livro aos nossos leitores amigos.

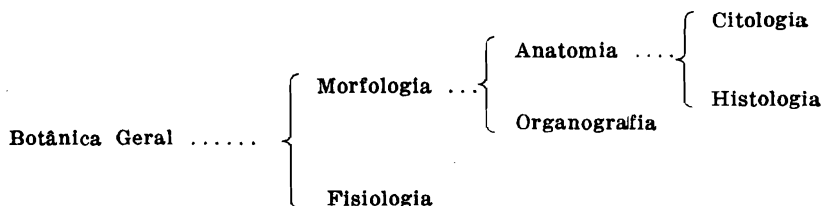
Porto Alegre, 28-VIII-67.

Alarich R. Schultz

ÍNDICE GERAL

ESTUDO PRÁTICO
DA
BOTÂNICA GERAL

INTRODUÇÃO

A *Botânica Geral* é uma ciência bastante vasta e antiga, pois compreende todos os conhecimentos gerais sôbre a organização, a forma e a vida das plantas. Todos os autores modernos que nela se aprofundaram tiveram de especializar-se a fim de poder contribuir, em maior ou menor escala, para o aperfeiçoamento desta ciência. Assim, surgiram numerosas disciplinas coordenadas entre si ou subordinadas umas às outras. Eis as mais importantes:

A *Morfologia* (do grego, *morphé* = forma, aparência) trata da organização e aparência dos indivíduos vegetais; a *Anatomia* (gr. *anatémno* = cortar, abrir) estuda a estrutura interna, e a *Organografia* os órgãos externos. A *Citologia* (gr. *kytós* = vesícula) dedica-se ao estudo da célula e a *Histologia* (gr. *histós* = tecido) tem por objeto os tecidos celulares. A *Fisiologia* (gr. *phisis* = natureza, saúde) compreende o estudo do funcionamento dos órgãos vegetais e tôdas as funções vitais e a sua dependência de fatôres externos e internos.

O presente compêndio não pretende ministrar conhecimentos completos sôbre as disciplinas acima mencionadas: excederia o volume previsto sem ajudar os alunos e nem, às vêzes, os professôres. Na época atual tôdas as ciências adquirem amplitude e terminologia tão vastas que se torna dever supremo do mestre procurar amenizar o quanto possível a angústia do principiante, temeroso em face da difícil tarefa de dominar tão extensos conhecimentos. "Non multa, sed multum" deve ser o nosso lema. Evitaremos prolixidades e excessos de terminologia para

evidenciar melhor os fenômenos fundamentais e indicaremos os instrumentos indispensáveis à realização prática das observações explicadas no texto dos capítulos que seguem. O livro pretende ser um guia leal e eficiente que permita ao estudante dedicado formar sua opinião própria sôbre os assuntos principais da Botânica Geral e construir um fundamento sólido de conhecimentos sôbre o qual possa assentar com firmeza o edifício de sua cultura geral e que sempre lhe fornecerá novos pontos de vista e subsídios nas tarefas de sua futura especialidade. Se conseguirmos, ao menos parte desta finalidade, será esta a nossa maior satisfação.

PRELIMINARES TÉCNICOS

Para realizar observações botânicas exige-se um mínimo indispensável de aparelhamento. A escolha dos instrumentos e reagentes que se queiram adquirir deve obedecer a dois critérios aparentemente antagônicos: a melhor qualidade e aperfeiçoamento, aliados ao menor preço possível. Tentaremos resolver o problema, nas linhas abaixo.

Para os demais trabalhos botânicos é suficiente dispor dum microscópio de boa marca, duma lupa com 8-10x de aumento, duma caixa de lâminas e lamínulas de vidro, duma navalha com afiação bicôncava e dos reagentes a seguir indicados.

O *microscópio* deve ser produto duma fábrica conceituada, como, p. ex., Zeiss, Leitz, Wild, Reichert, Bausch & Lomb, Spencer, pois da qualidade das lentes e da precisão do mecanismo depende o êxito dos trabalhos. É inútil comprar um microscópio de qualidade medíocre, mesmo que o preço seja bastante convidativo. A única economia indicada está na escolha do tipo. Comece-se com um "microscópio de estudante" com estativa grande, inclinável, e platina quadrada, fixa, munido de canhão móvel pelos parafusos macro e micrométricos e com revólver triplo. O instrumento deve possuir duas oculares com 5x ou 10x de aumento, respectivamente, e duas objetivas, a primeira com 8x e a segunda com 40x de ampliação própria, e um condensador "Abbé" com íris e espelhos plano e côncavo para iluminação. Oportunamente o instrumento pode ser completado por um carro ("charriot") para movimentar a lâmina e por lentes adicionais, principalmente uma objetiva de imersão de 1/12. Assim servirá para tôdas as finalidades científicas e didáticas (Fig. 1).

A parte mais importante do microscópio está no aparelhamento óptico. Consta êle do condensador com espelho, da objetiva e da ocular. O espelho e o condensador ficam abaixo da platina que recebe a lâmina com o objeto examinando. A luz refletida pelo espelho passa através do sistema de lentes do condensador que a transforma num feixe estreito cônico,

com eixo paralelo ao canhão, aumentando assim sua intensidade. Convém regular o espelho de tal maneira que produza, através do condensador, a máxima luminosidade possível, a fim de garantir uma boa iluminação do objeto. O excesso eventual de luminosidade deve ser eliminado pelo fechamento conveniente do diafragma "íris". De acôrdo com a teoria óptica, deve o eixo do cone luminoso, produzido pelo condensador, coincidir com o eixo óptico do sistema de lentes do microscópio. O diâmetro da parte iluminada do objeto em exame deve ser igual à abertura da objetiva em uso. Isto pode ser ajustado pelo diafragma íris e por aproximação ou afastamento do condensador que para tanto costuma ser dotado duma cremalheira. A estrita observância dêstes preceitos garante o melhor aproveitamento do poder de resolução do nosso instrumento. Em cima da platina, fixo no revólver, na extremidade inferior do canhão, fica um sistema de lentes convergentes, denominado objetiva, porque está perto do objeto colocado na lâmina. A objetiva produz uma imagem real, invertida, aumentada no interior do canhão. No revólver, peça móvel e redonda, encontram-se várias objetivas de ampliação diferente, substituíveis mediante simples rotação do revólver. Nos bons microscópios a troca de objetivas não desloca o objeto do centro do campo de observação, nem diminui a nitidez da focalização. A extremidade superior do canhão suporta outro sistema de lentes denominado ocular, pois fica próximo ao ôlho do observador. A ocular funciona à maneira de lupa, produzindo uma imagem virtual aumentada, não invertida da imagem produzida pela objetiva. É fácil entender que a ampliação total do microscópio deve ser igual, aproximadamente, ao produto do aumento próprio da objetiva e do aumento próprio da ocular. (Esta regra não vale para a microfotografia, em que a ocular trabalha como lente da câmara fotográfica.) As direções, em relação ao objeto examinado, encontram-se invertidas, como nos espelhos. Normalmente a distância entre a ocular e a objetiva é fixa (alguns tipos possuem possibilidade de alongamento do canhão) e a focalização do instrumento deve fazer-se afastando o objeto ou aproximando-o do canhão. Êste movimento é controlado pelos parafusos macrométrico e micrométrico. No nosso modêlo (Fig. 1) encontram-se separados. Nos microscópios modernos costumam ser montados sôbre um eixo comum. O macrômetro serve para o movimento rápido e o micrômetro para a graduação de precisão. A abertura relativa (luminosidade) das lentes microscópicas é bastante grande e, em virtude disto, a profundidade da focalização, muito pequena, tanto menor

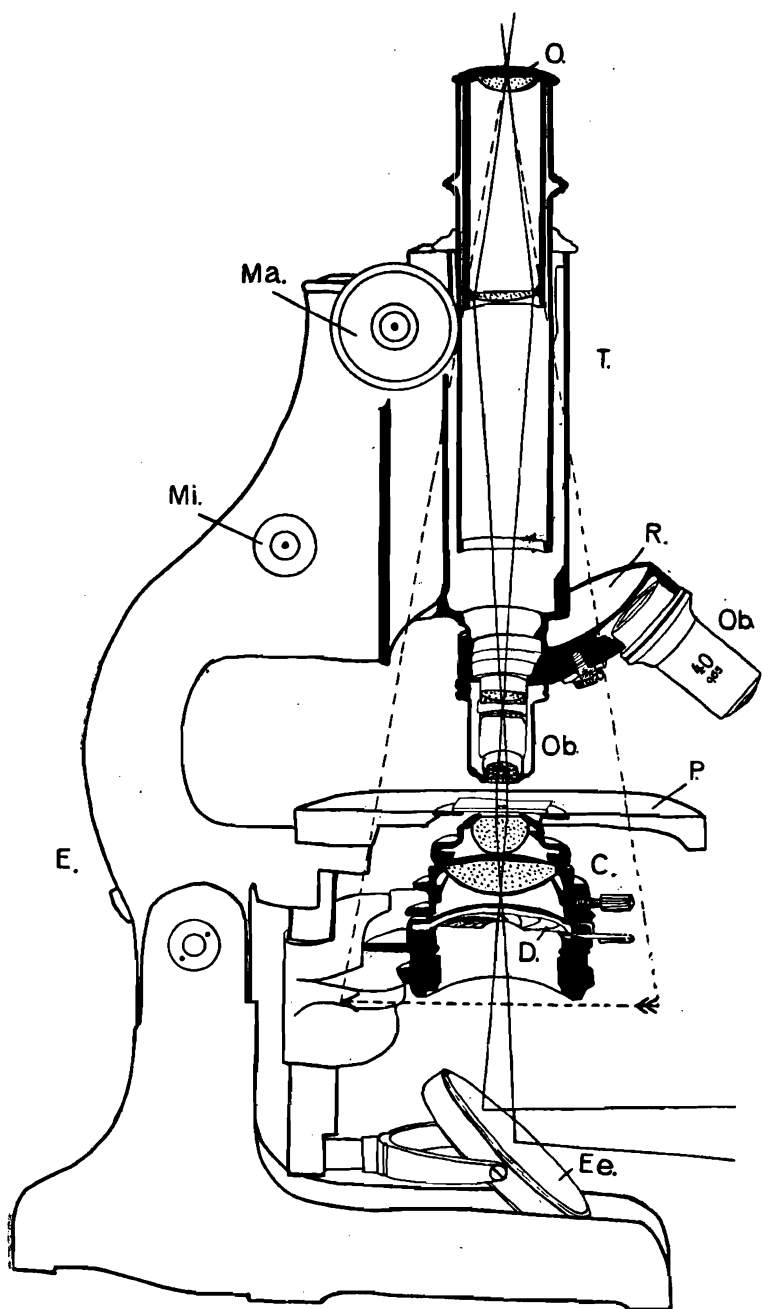



Fig. 1 — Esquema dum microscópio. C. = condensador; D. = diafragma "íris"; E. = estativa; Ee = espelho; Ma. = macrômetro; Mi. = micrômetro; O. = ocular; Ob. = Objetiva; P. = platina; R. = revólver; T. = tubo ou canhão.

quanto maior o aumento. (Compare o funcionamento duma câmara fotográfica com lente poderosa.) Em conseqüência, podemos observar sòmente um corte óptico (plano eqüidistante do foco da objetiva) do objeto em exame com determinada focalização, sendo que as partes acima e abaixo dêste plano devem ser observadas com outra graduação do micrômetro; o aspecto total do objeto se reconstrói pelo raciocínio do observador, por meio da interpretação das observações subseqüentes. Não podemos obter uma imagem tridimensional.

Em virtude disto é o desenho o melhor intérprete duma observação conscienciosa, competindo à microfotografia a mera função de comprovante. O micrômetro é uma das partes mais importantes do microscópio. Seu manejo evidencia a perícia do pesquisador. Para evitar cansaço no trabalho microscópico prolongado, é conveniente acostumar-se, desde o início, à observação com os dois olhos abertos. O principiante encontra nisto alguma dificuldade, que fàcilmente poderá vencer, tapando de leve a outra vista com a mão côncava e sem

Fig. 2 — Maneira de empregar a navalha para cortar objetos destinados à observação microscópica. À direita, lâmina-porta-objeto com objeto coberto pela lamínula.

exercer pressão. O fechamento de um dos olhos acarreta, para o outro, efeitos fisiológicos prejudiciais ao trabalho: faíscas, etc., ao piscar o ôlho.

Antes de submeter um objeto ao exame microscópico, deve-se prepará-lo convenientemente. Se fôr bastante delicado e de pouca espessura (aproximadamente 0,2 mm) pode-se colocá-lo diretamente sôbre a lâmina-porta-objeto dentro dum líquido de inclusão adequado, cobrindo-o com a lamínula. Assim estará apto para ser examinado. De acôrdo com a natureza do objeto, usamos os seguintes meios de inclusão: água, glicerina concentrada, glicerina com água 1:1, solução de cloral hidratado, álcool, óleo. (N. B. — Não tratamos da preparação de séries microtomizadas e lâminas de duração em geral, para não sobrecarregar o aluno com esta extensa técnica especializada.) A lâmina-porta-objeto é um retângulo de vidro, de 76 mm de comprimento, 26 mm de largura e cêrca de 1 mm de espessura. Existem lamínulas de diversos tamanhos. Normalmente usamos lamínulas quadradas, com lados de 18 mm e 0,11 mm de espessura. O vidro das lamínulas deve ser de boa qualidade e sem bôlhas. A lamínula tem a dupla finalidade de evitar os reflexos da superfície sempre curva das gôtas do líquido de inclusão, transformando-a em superfície plana paralela à da lâmina e evitar o contato direto da lente frontal da objetiva com o líquido de inclusão.

Se a espessura do objeto exceder três camadas de células, é conveniente cortá-lo em fatias mais finas (Fig. 2). Com a mão esquerda, segura-se o objeto entre dois pedaços de medula sêca do caule de girassol, de sabugueiro, pedaços de cenoura ou de estiropor; a seguir, por meio de uma navalha bicôncava bem afiada — convém assentar a navalha antes de cada corte — corta-se um plano bem liso, perpendicular à superfície do objeto e através da medula, segundo vem indicado na figura. O dedo indicador da mão esquerda serve como guia de apoio à navalha. O polegar regula a posição do objeto. Depois, cortam-se algumas fatias bem finas do objeto, que podem ser transportadas para o meio de inclusão com auxílio de um pincelzinho ou duma agulha. A navalha, antes do corte, deve ser molhada no líquido de inclusão escolhido, a fim de que o atrito não dilacere os finos tecidos vegetais e o ar não penetre nos poros abertos do tecido. A fatia assim preparada é coberta pela lamínula e observada ao microscópio. Se, por acaso, se formam pequenas bôlhas de ar, deve-se aquecer levemente o objeto para expulsá-las, pois as bôlhas de ar

num meio líquido, vistas em luz transparente, mostram reflexão total e aparecem escuras no microscópio.

Além dos aparelhamentos acima descritos, é bom dispor duma pequena *coleção de reagentes* bem escolhidos. Indicamos aqui um conjunto pouco dispendioso e suficiente para executar os demais trabalhos microscópicos de Botânica Geral e de identificação farmacognóstica microscópica de drogas e substâncias alimentícias, isto é, um conjunto que serve para os trabalhos práticos.

Coleção de reagentes e fórmulas respectivas:

50 cm³ de glicerina concentrada pura
50 cm³ de glicerina com água 1 : 1
50 cm³ de álcool retificado
Solução de cloral hidratado: 25 g de cloral hidratado diluídos em 10 cm³ de água destilada.
Lugol ou solução de iodeto de potássio iodado: iôdo ressublimado 2 g, iodeto de potássio 1 g, diluídos em 200 cm³ de água destilada.
Solução de floroglicina: 1,0 g de floroglicina $C_6H_3(OH)_3$ em 8 cm³ de álcool absoluto.
50 cm³ de ácido clorídrico concentrado, puro.
Sudan III em glicerina: 0,1 g de Sudan III, 5 cm³ de álcool 96%, 5 cm³ de glicerina concentrada.
Cloreto de zinco iodado: 30 g de cloreto de zinco, 5 g de iodeto de potássio, 0,89 g de iôdo em 14 cm³ de água destilada.
Eau de Javelle: 220 g de cloreto de cálcio puro dissolvem-se em 1450 cm³ de água destilada e misturam-se com uma solução de 250 g de carbonato de sódio em 450 cm³ de água. A mistura deve ser remexida repetidamente e deixada no escuro durante 4 dias e depois filtrada. Adiciona-se uma solução de 10% de oxalato de cálcio até que não haja mais precipitações e, depois, filtra-se novamente.

O emprêgo dêstes reagentes será indicado nos casos especiais. Trata-se de fórmulas concebidas por ARTHUR MEYER e que durante longos anos foram experimentadas nas Cadeiras de Botânica e de Farmacognosia Microscópica da Universidade de Marburg (Alemanha), de Pôrto Alegre e de muitos outros lugares.

Aos estudiosos mais exigentes, especialmente aos de grau universitário, recomendamos ainda manter um pequeno estoque das substâncias abaixo relacionadas além de outras eventuais cuja aplicação será indicada oportunamente:

Ácido clorídrico
Ácido nítrico
Ágar-ágar
Azul de metileno
Álcool absoluto (com boneca de sulfato de cobre anidro).
Álcool retificado
Benzina
Cloreto de cobalto
Eosina
Ferrocianeto de potássio
Fosfato biácido de potássio
Gêsso
Hidróxido de amônio
Mercúrio
Molibdato de amônio
Nitrato de cálcio
Nitrato de potássio
Orange G
Sulfato de cobre
Sulfato de ferro
Sulfato de magnésio
Toluol
Violeta genciana.

Nos colégios e faculdades que ministram aulas práticas individualizadas, é conveniente cada estudante dispor do material seguinte:

2 agulhas histológicas de fabricação própria, compostas dum fino cabo de vime no qual se insere uma agulha de serzir.
1 navalha bicôncava, acompanhada dum assentador.
1 cx. de lâminas.
1 cx. de lamínulas.

Material para desenho, tal como lápis duros e macios de boa qualidade, cartolina, borracha e esfuminho.

1 conta-gôtas.
2 pincéis para aquarela de boa qualidade.
1 paninho macio, liso.

I PARTE: ANATOMIA VEGETAL

CAP. I CITOLOGIA

1. § Generalidades sôbre a célula
2. § Citoplasma do núcleo
3. § Os mitocôndrios
4. § O campo de Golgi
5. § Plastídios
6. § Os pigmentos
7. § Substâncias de reserva
8. § Inclusões sólidas na célula
9. § Os vacúolos e o suco celular
10. § A membrana de celulose e suas transformações
11. § Multiplicações da célula vegetal

CAPÍTULO I

CITOLOGIA

A célula é a menor unidade de organismo vivo capaz de viver independentemente, sob certas condições especiais. Foi descoberta por ROBERT HOOKE, em 1667, pela observação da estrutura microscópica da cortiça. A cortiça aparece formada por numerosos compartimentos vazios, parecidos com celas ínfimamente pequenas de um mosteiro; daí a denominação de "células". O tamanho das células é bastante variável; em geral medem entre 0,01 mm e 0,1 mm de comprimento.

O tamanho dos micrococos, bactérias redondas, com diâmetro de 0,2 micro, é considerado limite inferior. Coincide com o limite do poder de resolução do microscópio luminoso. Fibras vegetais alcançam mais que 0,5 cm de comprimento e tubos crivados até vários metros de comprimento, se bem que também nestes casos o diâmetro permanece pequeno.

As células dos tecidos vegetais apresentam formas de prisma, poliedro, paralelepípedo ou fio. Células isoladas tendem para formas arredondadas.

Tecidos compostos de células aproximadamente isodiamétricas são considerados *parenquimáticos* e tecidos de células alongadas *prosenquimáticos*.

O conceito moderno de célula varia essencialmente do original de ROBERT HOOKE. Êle observou principalmente as paredes celulares, pois sòmente estas é que existem na cortiça, enquanto que, hoje em dia, damos máxima importância ao conteúdo vivo da célula.

1. §. Generalidades sôbre a célula

As células do tecido vegetal constam duma parede e do conteúdo vivo. A parede costuma ser formada por uma membrana celulósica, a qual pode sofrer modificações estruturais e químicas no decorrer dos processos de diferenciação. O conteúdo vivo é denominado *protoplasto* ou *protoplasma*. Seus componentes mais importantes, por serem considerados os principais portadores da vida, são o *núcleo* e o *citoplasma*. O núcleo é um corpúsculo incolor, encontrado no centro das células jovens ou próximo à membrana, nas diferenciadas. O citoplasma é uma substância mais ou menos viscosa e hialina na qual existem estruturas bem definidas e localizadas que,

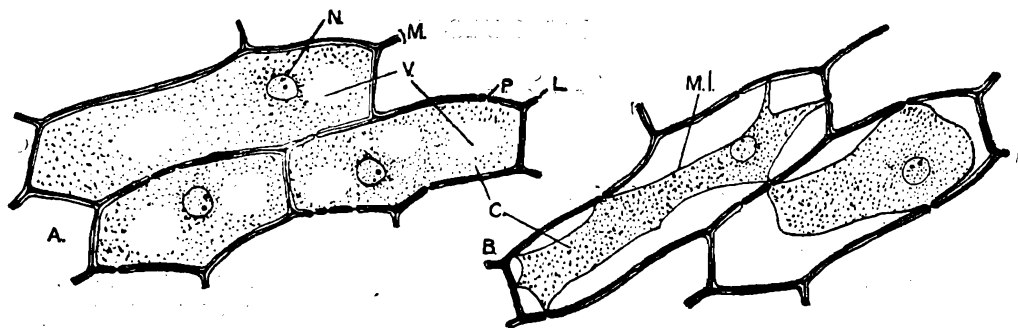



Fig. 3 — Células da epiderme duma escama de cebola (*Allium cepa*). A — em estado normal; B — plasmolizado; C — citoplasma; L — lamela central; M — membrana celulosa; Ml. — membrana plasmática; N. = núcleo com dois nucléolos; P. = pontuação da membrana; V. = vacúolo cheio de suco celular. Orig. 250 x.

incluindo o núcleo, denominamos organelos celulares. Os mais evidentes são: os *vacúolos* com suco celular, os *plastídios*, as *substâncias de reserva*, os *mitocôndrios*, *cristais* e outras substâncias depositadas. Núcleo, mitocôndrios e plastídios possuem a faculdade de autoduplicação ou reprodução. Nem todos êstes organelos estão simultâneamente presentes em tôdas as células. Às vêzes, em células de intensa atividade sintetizadora observa-se ainda a existência dum *Campo de Golgi*. A eletromicroscopia e outros métodos recentes de pesquisa têm contribuído extraordinàriamente para elucidar a ultra-estrutura e o dinamismo dos componentes celulares e demonstrou a presença constante dum *retículo endoplasmático*, invisível ao microscópio luminoso. Os *microssomos*, partículas diminutas, fazem parte do retículo endoplasmático.

As células dos tecidos animais não têm membranas de celulose ou de substâncias derivadas. No entanto, também a célula animal é bem limitada por uma membrana, chamada plasmática. A *membrana plasmática*, històricamente, é denominada *plasmalema*. Existe também nas células vegetais. Sua função e estrutura molecular são bastante complexas. Normalmente é invisível no microscópio luminoso, pois é extremamente fina e aderente à membrana celulosa. Pode ser posta em evidência pela plasmólise, experiência realizável em tôdas as células vegetais que tenham vacúolos de suco celular (Fig. 3).

A *plasmólise* baseia-se num fenômeno osmótico: a membrana plasmática é semipermeável. Se colocamos algumas células vegetais numa solução aquosa de qualquer substância de concentração molecular superior à soma das concentrações das substâncias dissolvidas no suco celular, o protoplasto perderá água e o volume dos vacúolos diminuirá. Conseqüentemente, o citoplasma separa-se das membranas celulosas e rijas e se mostra tão bem limitado como nas células animais. Para evitar a morte das células, devemos escolher uma substância inócua, como, p. ex., açúcar, glicerina ou nitrato de potássio. Se não deixarmos passar muito tempo, a plasmólise é reversível. Bastará adicionar água ao preparado e a célula voltará ao estado normal.

Fenômeno semelhante pode observar-se num recipiente dividido ao meio por uma membrana semipermeável. Se enchermos a parte à direita da membrana com uma solução de açúcar de 10% e a da esquerda com uma solução de 20%, passará água da direita para a esquerda até que em ambos os lados da membrana existam concentrações iguais, de 15%. Se no comêço da experiência o nível dos líquidos fôr igual em ambos os lados, no fim será maior à esquerda.

A interpretação física dêste fenômeno torna-se simples mediante uma parábola. Consideremos, para esta finalidade, as moléculas e os iontes componentes do líquido, como bolinhas de determinado tamanho relacionado à sua respectiva composição química. As bolinhas correspondentes às partes dissolvidas são maiores que as correspondentes à água. Então a membrana semipermeável pode ser comparada a uma cêrca com malhas cujas aberturas podem deixar passar as bolinhas pequenas da água, mas retêm as maiores, correspondentes às substâncias dissolvidas. Vejamos o que acontece. De cada milhar de bolinhas do líquido de concentração molecular de 10%, 900 serão do tamanho pequeno e 100 do tamanho

maior; da mesma maneira, no de 20% haverá sòmente 800 do tamanho pequeno e 200 do tamanho maior. Devido ao movimento molecular constante, essas bolinhas estão sendo jogadas, de ambos os lados, num ritmo uniforme, contra a cêrca (a membrana semipermeável).

Se no mesmo período de tempo forem jogadas 1000 bolinhas de cada lado contra a cêrca, passarão da direita para a esquerda 900 bolinhas pequenas, sendo retidas 100. Da esquerda para a direita passarão 800 e serão retidas 200. Isto corresponde à perda de água que sofre a solução menos concentrada a favor da mais concentrada, pois a corrente de água da direita para a esquerda corresponde a 900 bolinhas, enquanto em sentido contrário passam sòmente 800 bolinhas na mesma unidade de tempo. Em soluções isotônicas, passará um número igual de bolinhas em ambas as direções.

As correntes se anulam, cessando qualquer movimento visível.

A membrana plasmática viva difere dêste modêlo pelo fato de poder modificar sua permeabilidade em relação às substâncias do ambiente mais ou menos de acôrdo com as necessidades normais do organismo.

Na parábola, corresponderia isto a uma modificação do tamanho das malhas.

É também capacitada a abrir poros, visíveis ao microscópio eletrônico, para dar entrada e saída a partículas pequenas.

Citoplasma, núcleo e plastídios são substâncias coloidais. O citoplasma apresenta-se sob aspecto mais ou menos viscoso; o núcleo e os plastídios parecem sólidos. A membrana celular é sólida, as substâncias de reserva podem ser sólidas ou líquidas.

Observação prática. Ótimos espécimes para a observação de células simples dos tecidos vegetais fornecem as escamas da cebola. Basta arrancar, por meio de escalpêlo ou canivete, um pedaço de fina película epidérmica, colocá-lo na lâmina com água, aquecê-lo um pouco para expulsar as bolinhas de ar e cobri-lo com a lamínula. As células da cebola mostram núcleos grandes, citoplasma, vacúolos com suco celular e membranas de celulose compostas de três camadas. Querendo facilitar a observação das partes, convém tingir as células por meio duma gôta de violeta-genciana, dissolvida em água, ou por meio de tinta preparada com um lápis-cópia.

As células plasmolizam-se, adicionando um pouco de glicerina diluída em água, na proporção de 1 : 1 (Fig. 3,B). O protoplasto encolhe-se tomando forma arredondada ou irregular, pois é retido nas pontuações — poros da membrana celulosa — pelos quais passam finíssimas ligações citoplasmáticas duma célula para a outra. Estas ligações, invisíveis no caso em aprêço, se denominam *plasmodesmas*.

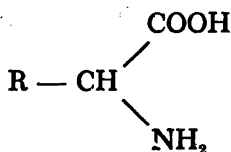
Outro material bom, especialmente para observação de plasmólise,

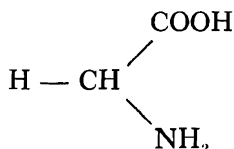
fornecem as fôlhas da "Ondinha" (*Zebrina pendula*), e da *Canna indica*. Convém cortar parte da epiderme inferior na proximidade da nervura principal, evitando a região rica em estomas. O suco celular roxo destas plantas facilita a observação da contração plasmática.

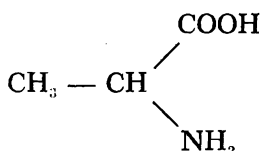
2. §. Citoplasma e núcleo

O citoplasma vivo (protoplasma ou plasma de outros autores) é formado por uma suspensão coloidal muito complexa a base de água. Como aquela, é capaz de absorver, reter ou ceder água, porém não se dissolve. A capacidade de mudar de forma, produzir correntes orientadas, movimentar-se, emitir pseudópodes, etc., demonstra a diferença entre o plasma vivo e o modêlo físico inerte. Em face disto postula-se a existência duma ultra-estrutura específica e organizada, talvez constituída por ligações flexíveis entre as micelas fibrilares.

A pesquisa com radioisótopos tem contribuído extraordinàriamente para o conhecimento do citoplasma vivo. Sabemos que suas micelas não sòmente apresentam grande diversidade de composição como também mudam constantemente sua organização, decompondo-se e recompondo-se sem cessar e sem com isto afetar a constância da própria célula. Sob êste aspecto a célula pode ser comparada a um regimento de exército cuja organização e tradição não são afetadas pelas baixas e substituições ou pelas promoções de suas praças, sargentos e oficiais. A célula viva é uma unidade dinâmica cujas partes mutáveis e perecíveis se condicionam umas às outras no fluxo do processo vital. No momento da morte celular as micelas coloidais do citoplasma vivo desagregam-se em protídios (proteínas) e lipídios (gorduras). Desprendem quantidade de energia calorífica comparável à de uma explosão (*calor mortal de Lepeschkin*). Donde se deduz que a micela do citoplasma vivo deve ter uma complexidade maior do que resultaria da simples adição de protídios e gorduras. Pois, caso contrário, também seria certo deduzir que a dinamite seja formada pela soma de gases desprendidos na sua combustão. É isto um evidente absurdo.

Os *protídios* (albuminas) são compostos por aminoácidos cuja fórmula estrutural é a seguinte:

NH_2 representa o grupo amínico. Exemplos simples de aminoácidos são a glicocola, na qual R tem o valor de H, donde resulta a fórmula:

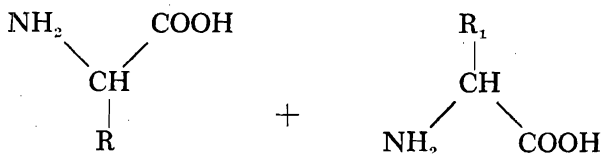
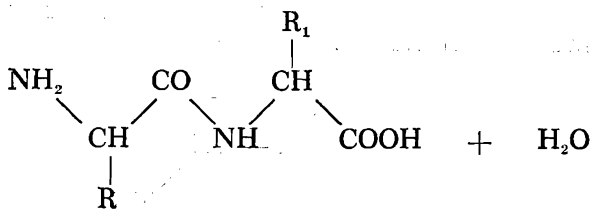
$$\begin{array}{lll} & & COOH \\ & & / \\ H - CH & & \\ & & \backslash \\ & & NH_2 \end{array}$$

ou a alanina, na qual R significa CH_3 e a fórmula resultante seria:

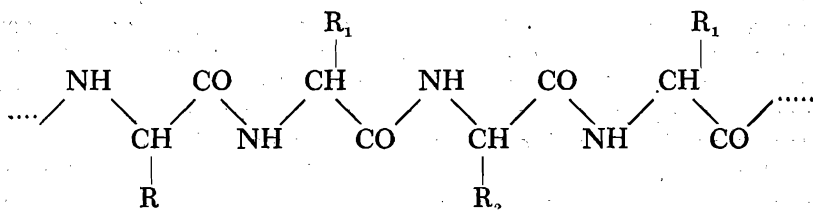
$$\begin{array}{lll} & & COOH \\ & & / \\ CH_3 - CH & & \\ & & \backslash \\ & & NH_2 \end{array}$$

Os protídios resultam da concatenação dos aminoácidos pelo grupo carboxílico com o grupo amínico, com perda duma molécula de água.

Por exemplo:

$$\begin{array}{ccccccccc} NH_2 & & COOH & & & & & R_1 & \\ & \backslash \; / & & & & & & | & \\ & CH & & & + & & & CH & \\ & | & & & & & / & & \backslash \\ & R & & & & NH_2 & & & COOH \end{array}$$

dá:

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & & R_1 & & & & & \\ & & & & & | & & & & & \\ NH_2 & & CO & & & CH & & & & & \\ \backslash & & / \quad \backslash & & / & & \backslash & & & & \\ & CH & & NH & & & & COOH & + & & H_2O \\ & | & & & & & & & & & \\ & R & & & & & & & & & \end{array}$$

Êste esquema poderá ser prolongado indefinidamente, resultando a molécula protéica:

```
                      R1                       R1
                      |                        |
     NH       CO      CH       NH       CO     CH
....╱  ╲    ╱   ╲    ╱  ╲     ╱  ╲     ╱  ╲   ╱  ╲    ╱....
        CH       NH       CO       CH       NH     CO
        |                          |
        R                          R2
```

Concatenações semelhantes podem-se realizar também de maneira mais complexa.

As reações com o ambiente são efetuadas pelas cadeias laterais consignadas com R no esquema. É fácil imaginar que permitem uma infinidade de reações e combinações.

A posição relativa dos diversos aminoácidos no sistema protéico é de importância decisiva para o seu funcionamento fisiológico. Isto é fácil de compreender através duma parábola. Se compararmos cada aminoácido com uma letra do alfabeto e o protídio com uma palavra escrita, compreenderemos que a transposição, repetição ou omissão de sòmente uma delas, modificará ou destruirá o sentido da palavra. Fenômeno análogo ocorre com os aminoácidos. Os ribossomos, no citoplasma, recebendo RNA, constituem *matrizes* que controlam e regulam a síntese dos protídios, garantindo a posição adequada para cada espécie de aminoácido nêle aproveitado. A origem destas matrizes está ligada ao sistema de ácidos desoxiribonucléicos (DNA) encontrados nos cromossomos, os quais através dos nucléolos (*messenger* RNA) influem sôbre os ribossomos do retículo endoplasmático granular.

Os *lipídios* são de constituição bastante mais simples. Contêm sòmente H, C, O. No entanto existem tipos de lipídios mais complexos, em cuja composição entram o ácido fosfórico e, às vêzes, o próprio N.

O aspecto do citoplasma é mais ou menos gelatinoso e hialino. Às vêzes aparecem pequenos grânulos que são produtos do metabolismo. Na periferia e nos vacúolos, o citoplasma é limitado por camadas mais densas e viscosas, que formam a já citada membrana plasmática ou limitante. Esta membrana se refaz sempre que fôr preciso e adapta-se perfeitamente à forma do protoplasma. Pode desaparecer desintegrando-se no citoplasma, sem deixar vestígios. Não obstante, deve ser considerada à parte, pois tem funções muito importantes para a

célula. A membrana plasmática é semipermeável, i. é, deixa passar a água, mas não tôdas as substâncias nela dissolvidas. A membrana plasmática pode mudar seu grau de permeabilidade em relação a determinadas substâncias, de acôrdo com as necessidades da célula. Possui poder seletivo e controla a troca de substâncias entre o protoplasto e seu ambiente. Sòmente por intoxicação ou morte, perde o poder seletivo. O citoplasma é irritável e possui movimentos próprios.

A eletromicroscopia revelou a existência no seio do citoplasma de finíssimos canais cujas paredes costumam ser cobertas por pequenas granulações, os ribossomos. Ao conjunto, invisível ao microscópio luminoso, quando associado às granulações, se deu o nome de *retículo endoplasmático granulado.* O mesmo tem papel importante na síntese e no transporte dos protídios e é relacionado estruturalmente com a membrana do núcleo celular.

O *núcleo* é um corpúsculo incolor suspenso no citoplasma. Em geral é redondo, oviforme ou achatado; às vêzes pode apresentar formas as mais estranhas e irregulares.

As plantas superiores têm um núcleo em cada célula (há exceções); as inferiores apresentam um, dois ou vários núcleos em cada célula. A periferia do núcleo é bem limitada pela membrana nuclear. Observado ao microscópio eletrônico, revela-se formada por linha dupla. É dotada de mecanismos complexos para emissão dos comandos de RNA que controlam a formação das matrizes nos ribossomos do retículo endoplasmático e com isto a síntese de proteínas. Na interfase, percebe-se ao microscópio luminoso a existência duma finíssima estrutura composta de partículas granuladas, denominada *rêde de cromatina* devido à facilidade com que se tinge (gr. chroma = tinta). Além disto há um ou vários corpúsculos arredondados maiores, chamados *nucléolos* nos quais se acumula o RNA. (Fig. 3). A cavidade interior do núcleo é repleta de suco nuclear, de composição semelhante a do suco celular. A parte protéica do núcleo é formada por substâncias denominadas nucleoproteínas, correspondentes aos cromossomos. As nucleoproteínas são albuminas fosfatadas.

O núcleo desempenha papel muito importante na célula. Rege e dirige a multiplicação da célula e determina sua organização. A perda de citoplasma não tem necessàriamente efeito letal imediato sôbre a célula e o núcleo. Núcleos podem ser isolados e transplantados do citoplasma duma célula para o de outra. A perda do núcleo acarreta a morte da célula. Se compararmos com um país organizado, podemos dizer que o

núcleo representa a Capital, sede de Govêrno. (Compare: *Reprodução da Célula Vegetal.*)

Observação prática. Para iniciar o estudo do núcleo e do citoplasma, podemos servir-nos da célula da cebola, conforme indicamos no § anterior. Fornece-nos ela os dados mais indispensáveis.

Para estudos aprofundados do núcleo, devemos utilizar preparados microtomizados e convenientemente coloridos. As propriedades do citoplasma podem ser examinadas nos mixomicetes, que fornecem maior quantidade desta substância.

O movimento citoplasmático ou seja a rotação pode ser observado em células da planta aquática *Vallisneria spiralis.*

3. §. Os mitocôndrios

No seio do citoplasma existem corpúsculos mais ou menos alongados, incolores e transparentes, com cêrca de 0,3 - 1,2 micro de comprimento, denominados *mitocôndrios* ou *condriossomos.* Para torná-los visíveis, é mister usar processos especiais, como, por exemplo, a coloração vital com Verde-Janus-B ou o emprêgo do contraste de fase. Sua gênese e estrutura, no entretanto, se revelam sòmente através do microscópio eletrônico.

Fig. 4 — Esquema da estrutura dum mitocôndrio; 1 = crista lamelar.

Inicialmente aparecem sob a forma de corpúsculos ainda menores, limitados por uma membrana dupla. Enquanto aumentam, alcançando seus tamanhos definitivos, nascem da membrana interna invaginações perpendiculares à periferia para o interior do corpúsculo, as assim denominadas *cristas lamelares.* Nos espaços entre estas lamelas encontra-se uma substância fluida (Fig. 4). Os mitocôndrios adultos são considerados capazes de multiplicação por divisão direta. As cristas são portadoras de enzimas que desempenham a função de controlar o metabolismo energético da célula. O mitocôndrio na célula tem função comparável à dum dínamo numa usina de energia elétrica. (Respiração celular.)

Observação prática. Objeto idôneo constituem as células da epiderme duma escama de cebola. Inicialmente devem ser tratadas da maneira descrita nos parágrafos anteriores. A *coloração vital* se processa depois da maneira seguinte:

Deixa-se o corte durante 10 - 20 minutos em cima da lâmina, mas sem lamínula, numa solução aquosa ou em *sôro fisiológico* (solução aquosa de sal de cozinha — NaCl — a 0,6% até 1%) de *Verde-Janus-B* a 0,05% aproximadamente. Verde-Janus é também conhecido por *Verde-Diazina*. Os mitocôndrios tomam uma coloração verde-azulada, que fenece paulatinamente durante a observação sob cobertura de lamínula.

4. §. O campo de Golgi

No fim do século passado, GOLGI descreveu em células de determinados tecidos animais uma estrutura reticular que se torna preta sob a ação do ácido ósmico e foi denominada *Aparelho de Golgi, Retículo de Golgi, Campo de Golgi*, etc. Sua estrutura verdadeira, sua função fisiológica e sua existência ou não nas demais células animais e vegetais foram objetos de vastas e prolongadas discussões e que ficaram sem respostas decisivas até o advento do microscópio eletrônico, da homogeneização pela ultracentrífuga e do uso dos radioisótopos na pesquisa.

A investigação moderna modificou deveras o conceito original. Demonstrou tratar-se dum sistema de lamelas e vacúolos tão pequenos que não puderam ser reconhecidos pelo microscópio óptico. Funcionalmente participa dos processos de síntese.

A presença dum *sistema lamelo-vacuolar osmiófilo* foi constatada no reino vegetal em células de *Nitella, Triticum, Allium, Elodea* e outras plantas. Nestas parece ser mais uniforme do que nas células animais. Vejamos: nas células novas aparece sob forma de pacotes de lamelas estratificadas, circulares, concêntricas. Aos poucos estas assumem contornos de ferradura e na extremidade das lamelas surgem intumescências redondas. Ao terminar o ciclo, os pacotes de lamelas se endireitam e as bôlhas das extremidades destacam-se sob forma de pequenas *cisternas*, repletas do produto da síntese e conhecidas sob denominação de *vacúolos de Golgi* e outros nomes.

5. §. Plastídios

Plastídios ou *leucitos* são corpúsculos coloidais, oriundos do citoplasma da célula e fundamentalmente de composição química semelhante. Parece que multiplicam-se por divisão direta, da seguinte maneira: no centro do plastídio, aparece um sulco circular que se acentua cada vez mais, até resultar em bi-

partição por estrangulamento. Os dois plastídios resultantes crescem e podem multiplicar-se da mesma forma. Nas células embrionárias, os plastídios são originados no citoplasma localizado em redor do núcleo celular.

As *iniciais dos plastídios* são partículas submicroscópicas, elipsóides, limitadas por uma lamela dupla. Crescem em tamanho. Na fase descrita, denominada *proplastídio*, atingem aproximadamente 0,8 micro de comprimento. Podem apresentar movimentos amebóides. O plastídio adulto das plantas superiores costuma ter forma arredondada, ovóide ou, às vêzes, granulosa, fusiforme ou filiforme. Atinge cêrca de 4-8 micro de tamanho. Ao conteúdo do plastídio denominamos *estroma*. No estroma dos plastídios clorofilados observa-se no microscópio eletrônico a existência dum sistema característico de lamelas, denominadas *tilacóides*. Os tilacóides das algas costumam atravessar o plastídio inteiro, podendo entrar na zona do pirenóide eventual. Nas plantas superiores variam grupos de tilacóides curtos e compridos. Os curtos, onde se encontram os pigmentos, estão superpostos em grupos de pacotes, semelhantes a rolos de moedas, conhecidos por pilhas de grana (Fig. 5).

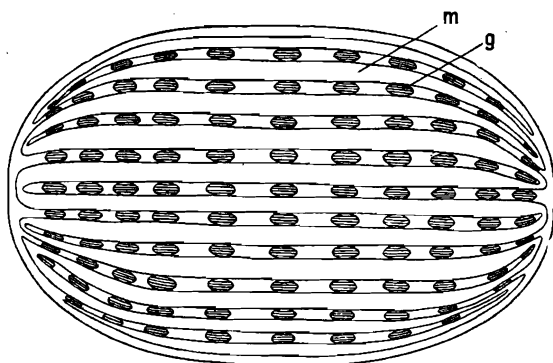



Fig. 5 — Parte dum plastídio verde visto ao microscópio eletrônico; m = membrana dupla; g = pacote ou pilha de grana. Esquematizado.

O estroma é rico em lipóides.

Os plastídios podem ser coloridos ou incolores.

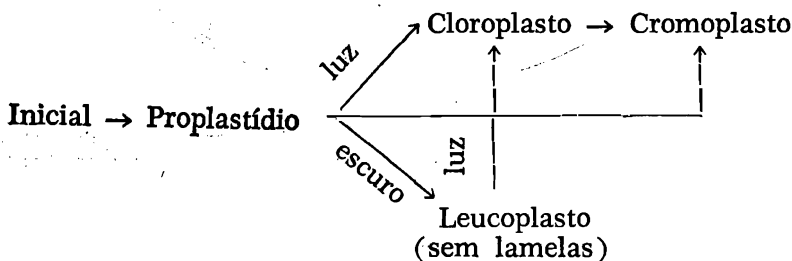
Os incolores chamam-se *leucoplastos* ou *leucoleucitos* (gr. *leucós* = branco, incolor; *plastós* = corpo amoldado); os co-

loridos têm o nome de *cromoplastos, cromoleucitos* ou *cromatóforos* (*chroma* = tinta; *phéro* = trazer). Os cromoplastos das plantas superiores podem ser verdes, amarelos ou alaranjados; quando verdes, chamam-se *cloroplastos* (gr. *chlorós* = verde; quando amarelos, *xantoplastos* (gr. *xantós* = amarelo) e quando alaranjados, *eritroplastos* (gr. *erythrós* = avermelhado).

Muitos autores reúnem os xantoplastos e eritroplastos sob a denominação de *cromoplastos.*

De acôrdo com sua função, podemos dividir os cromoplastos em fotossintèticamente ativos e inativos. A atividade fotossintética prende-se à presença do pigmento clorofila nas pilhas de grana. Encontramos clorofila nos cloroplastos (inclusive cromatóforos verdes de algas, etc.) e em certas algas, nas quais é mascarada por outros pigmentos, dando origem a cromatóforos mais ou menos pardos (*feoplastos*) ou vermelhos (*rodoplastos*). Os têrmos técnicos: cromoplasto, cloroplasto, etc., usam-se de preferência na designação dos plastídios numerosos e pequenos das células das plantas superiores. O têrmo cromatóforo reserva-se à descrição dos plastídios de algas e outras plantas inferiores. Estas plantas apresentam em cada célula um ou poucos cromatóforos grandes. A forma dêstes cromatóforos é estranha e característica para a espécie (Fig. 6). É conveniente estabelecer distinção entre os têrmos acima citados. Não obstante, muitos autores os tomam como sinônimos.

O desenvolvimento dos diversos tipos de plastídios nas células dum vegetal obedece ao esquema seguinte, constituindo-se em seqüência irreversível. A idéia da transformabilidade geral dos tipos de plastídios foi abandonada.

Esquema:

Os *leucoplastos* ou *amiloplastos* são desprovidos do sistema lamelar e de granas de pigmentos. São capazes de segregar

fermentos de decomposição das substâncias de reserva, principalmente dos grãos de amilo. Êste, em estado dissolvido, isto é, transformado em açúcar, pode ser transportado para qualquer parte do vegetal e aproveitado como fonte de energia. Possuem, além disto, função inversa: podem transformar em grãos de amilo o açúcar afluente no suco celular. É esta a função principal que exercem nas células dos órgãos de reserva das plantas adultas.

Os *cromoplastos*, com atividade fotossintética, são capazes de absorver energia da luz solar, em virtude da presença de pigmentos. Absorvem a côr complementar de sua própria côr. Êste fato é elucidado pela distribuição das algas marinhas nas diversas profundidades da água. Na superfície, até poucos metros de profundidade, predominam algas de côr verde. A intensidade e composição da luz são mais ou menos iguais

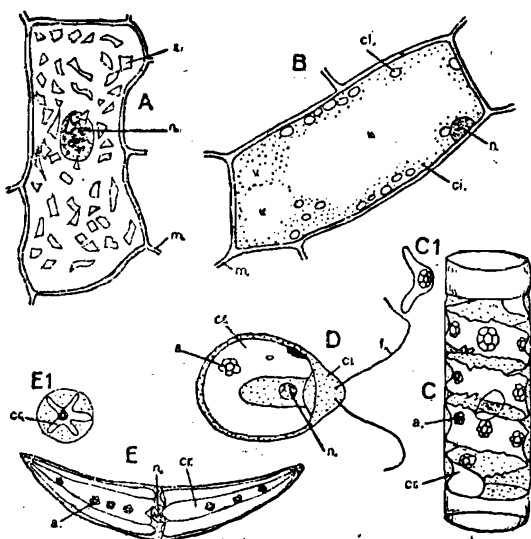



Fig. 6 — Plastídios e cromatóforos. A — Célula duma sépala amarela do capuchinho (*Tropæolum majus*) com xantoplástos; seg. Strassburger. B — Célula da fôlha de *Helodea canadensis* com cloroplastos. C — Célula dum fio da alga *Spirogyra* com cromatóforo espiralado. C1 — Corte transversal do cromatóforo. D — *Chlamydomonas* com cromatóforo em forma de urna. E — *Closterium* com dois cromatóforos estrelados. E1 — Corte transversal dum *Closterium;* a. = amilo-pirenóide; ci. = citoplasma; cl. = cloroplasto; cr. = cromatóforo; f. = flagelo; m. = membrana celulosa; n. = núcleo; v. = vacúolo. Original.

às condições da superfície da terra firme. Os vegetais absorvem do espectro a parte vermelha, complementar à sua côr verde.

Abaixo das algas verdes do mar, predominam algas de côr parda. Absorvem estas principalmente os raios amarelos e verdes, pois a parte vermelha do espectro é a primeira que é absorvida pela água, dado o comprimento maior das ondas componentes. A côr vermelha é a primeira que perde a intensidade ao passar pela água, o amarelo e o verde são absorvidos em segundo lugar e as ondas azuis, as mais curtas do espectro visível, penetram até as maiores profundezas. De acôrdo com esta distribuição das côres do espectro, encontramos no mar, abaixo da zona das algas pardas, uma região em que predominam algas de côr avermelhada. As tonalidades do vermelho são complementares ao verde e azul. Abaixo de 120 m da profundidade termina a vida autotrófica nos mares, por falta de luz suficientemente intensa. A maioria das algas vermelhas não se encontram abaixo de 30 ou 40 m.

Fato interessante: Há nos cromatóforos de tôdas as algas marinhas maior ou menor quantidade de pigmento verde, denominado clorofila (gr. *phillon* = fôlha). Sòmente os plastídios providos de clorofila é que são capazes de efetuar a fotossíntese do açúcar. A ação catalisadora da clorofila permite a transformação de moléculas de anidrido carbônico e água em moléculas de glicose e oxigênio. Esta transformação é de suma importância para todos os sêres vivos, pois, em última hipótese, é o açúcar formado pelas plantas que nutre todos os animais e vegetais e permite a síntese das outras substâncias das células vivas.

Os cromoplastos não ativos na fotossíntese, ou sejam os *xantoplastos* e *eritroplastos*, aparecem durante o amadurecimento de frutos e outros órgãos quando passam da côr verde para a amarela, vermelha ou semelhante. Também são responsáveis, pelo menos em parte, pela côr das flôres e de outros órgãos, não, porém, pela descoloração outonal das fôlhas vegetativas. (Compare: 6. § *Pigmentos.*)

Em resumo, os leucoplastos são capazes de sintetizar o amilo partindo do açúcar. Sòmente os cromoplastos podem absorver energia solar e, entre êles, apenas os clorofilados efetuam a fotossíntese. Na fotossíntese combinam-se para formar açúcar moléculas de CO_2 e H_2O, graças à ação catalítica da clorofila. A luz solar fornece a necessária energia.

Observação prática. Os cloroplastos podem ser observados no tecido verde de qualquer vegetal superior. Basta cortar com a navalha um pe-

daço bem fino e examiná-lo na lâmina. O meio de inclusão indicado é a água. Se escolhemos como objeto de exame as fôlhas da *Helodea canadensis* ou outro vegetal aquático de fôlhas muito finas, podemos dispensar o corte, facilitando assim o serviço. Encontra-se a *Helodea canadensis* freqüentemente cultivada em aquários. Os cloroplastos acompanham, na sua disposição, as paredes celulares. À primeira vista, parecem irregularmente distribuídos em tôda a célula; neste caso, porém, a observação engana. Os cloroplastos, que aparecem afastados das membranas visíveis, encontram-se, de fato, ligados às membranas superior ou inferior da célula. Estas membranas são invisíveis ao microscópio em razão da sua diafaneidade perfeita.

Um corte tangencial das fôlhas da *Vallisneria spiralis*, planta comum dos nossos aquários, fornece interessante observação. Pois, além de mostrar plastídios e núcleos bem visíveis, apresenta o fenômeno da rotação plasmática ou ciclose.

Os xantoplastos são observáveis nas partes amarelas das pétalas do amor-perfeito, do girassol ou nas sépalas do capuchinho (*Tropæolum majus*). Neste caso, deve-se praticar um corte transversal através da epiderme da respectiva fôlha, dobrando-a sôbre o dedo indicador da mão esquerda e cortando-a com a navalha molhada em água. A observação se faz em meio aquático.

Os eritroplastos encontram-se, p. ex., nas cenouras e no pimentão vermelho. (*Capsicum annum*). Procede-se de maneira análoga à dos casos supramencionados.

Para a observação dos cromatóforos, convém colecionar um pouco do limo verde e filamentoso tão comum nas águas estagnadas ou nos córregos pequenos. Pequena quantidade dêste limo pode ser examinada numa lâmina com água; geralmente é composta dos fios relativamente grossos da *Spirogyra*, dalgumas cianofíceas bem delgadas e de várias espécies de conjugatas (cf. Fig. 6).

6. §. Os pigmentos

Pigmentos são corantes orgânicos da célula vegetal. Encontram-se nos plastídios ou no suco celular dos vacúolos. Os pigmentos dos plastídios são solúveis nos solventes orgânicos, tais como álcool, éter, benzina, acetona, etc. Os pigmentos do suco celular são hidrossolúveis e podem ser extraídos pela água.

Os pigmentos mais importantes, encontrados nos plastídios das plantas superiores, são a clorofila, a xantofila e a eritrofila. Seria mais acertado falar de clorofilas, xantofilas e eritrofilas ou carotinas, por se tratar de grupos de substâncias de propriedades físicas e químicas mais ou menos idênticas.

As *clorofilas* são ésteres do álcool fitol ($C_{20}H_{39}OH$) por um ácido tricarbônico.

Sua fórmula estrutural assemelha-se à das hemoglobinas do sangue, sendo que o núcleo férrico destas se encontra substituído por um átomo de magnésio.

Sua côr é verde. Distinguimos dois tipos principais: a clorofila α, de côr verde-azulada e a clorofila β, de côr-verde-amarelada. Willstaetter atribui à primeira a fórmula: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg + \frac{1}{2}H_2O$ e à segunda, a fórmula: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. A clorofila é o mais importante dos pigmentos vegetais.

As *xantofilas* são de côr amarela. Sua fórmula química é: $C_{40}H_{56}O_2$. Pertencem a um grupo de substâncias denominadas *flavinas*. São pré-vitaminas, isto é, no organismo podem transformar-se em vitaminas pela ação da luz solar. São óxidos das carotinas ou carotenos.

As *eritrofilas* ou *carotinas* apresentam côr vermelho-alaranjada. Sua fórmula química é: $C_{40}H_{56}$.

Nos cloroplastos, além da clorofila, há pequenas quantidades de xantofila e carotina. Todos os órgãos verdes dos vegetais devem sua côr à presença de cloroplastos nas células. A tonalidade do verde depende de vários fatôres; em primeiro lugar, do número de cloroplastos em cada célula — quanto maior o número de cloroplastos tanto mais escuro e intenso o verde; em segundo lugar, da proporção da clorofila α, clorofila β, xantofila e carotina nos cloroplastos; em terceiro lugar, da espessura do órgão.

Nos xantoplastos encontramos xantofila e, às vêzes, eritrofila. Os xantoplastos determinam a côr amarela nas pétalas das flôres e nas fôlhas.

Nos eritroplastos encontramos carotina ou eritrofila. A presença de eritroplastos origina colorações alaranjadas, como, p. ex., nas cenouras, nas pétalas da flor-das-chagas (*Tropæolum majus*) e em frutos maduros (pimentão).

Afora os pigmentos acima citados, há ainda nos cromatóforos das algas, a *diatomina* e *fucoxantina* ou *feofeína*, de côres pardas; a *ficoeritrina* ou *rodofila*, de côr vermelha e a *ficociana*, de côr azulada.

Entre os pigmentos hidrossolúveis encontrados no suco vacuolar, tem a máxima importância o grupo das *antocianinas*. As antocianinas variam de côr conforme o PH. Em vacúolos de suco celular ácido, são vermelhas. Quanto maior o grau de acidez, tanto mais intensa a coloração vermelha. Em suco celular levemente alcalino, tornam-se azuis. Em suco celular neutro, são roxas. Doses maiores dum álcali podem produzir côr verde. As antocianinas ou antocianas (gr. *ánthos* = flor; *kyanòs* = azul) são responsáveis pelas tonalidades vermelhas e azuis das pétalas das flôres, das fôlhas e do suco dos frutos, etc. A côr branca é produzida pela reflexão

total na ausência de qualquer pigmento. Às vêzes, as antocianinas se cristalizam no próprio suco celular.

A rigor, devemos dividir as antocianinas em dois tipos: o azul e o vermelho.

O tipo azul apresenta côr:

vermelha até rosa ....: pH 3 - pH 5
roxa ....: pH 5 - pH 6
azul na presença de flavonas: pH 7

Seg. SMALL existe êste tipo nas flôres de *Aconitum, Aquilegia, Campanula, Clematis, Delphinium, Gentiana, Iris, Linum, Primula, Salvia patens.*

O tipo vermelho apresenta côr:

vermelha até rosa em pH 3 - pH 5
vermelha ...... em pH 7
púrpura .... em pH 10 (tornando-se parda em presença de flavonas). Êste tipo existe, por exemplo, em *Begonia, Dahlia, Papaver* (papoula), *Rosa, Salvia splendens, Tropæolum.*

Há muitos casos de comportamento especial, como, por exemplo, os seguintes:

	verm.	rosa	roxo	azul	verde-az.	verde
Pæonia	pH 3	pH 4-6	pH 4-8	pH 9	pH 10	pH 11
Pelargonium ..	pH 3	pH 4-5	pH 6-8	pH 9	pH 10	pH 11
Rhododendron .	pH 3	pH 4	pH 5-8	pH 9	pH 10	pH 11

Outros pigmentos do suco celular são os antocloros e antofeínas. Os *antocloros* têm côr amarela e as *antofeínas* côr parda. Pertencem às flavonas. Em certos casos especiais, determinam a côr das pétalas das flôres. Os antocloros são responsáveis pela côr amarela nas pétalas de bôca-de-leão, dedaleiras, barbascos. As antofeínas determinam as manchas pardo-escuras de certas flôres, p. ex., as de algumas espécies de favas.

Observação prática. Para a demonstração da existência da clorofila e da xantofila procede-se da maneira seguinte: Corta-se em pedacinhos uma fôlha de plátano e submete-se êstes pedaços à ação de álcool de 70 %. Remexendo e agitando bem o álcool, dentro de poucos minutos tomará êle a côr verde. Decanta-se o líquido verde num outro tubo de ensaio. O álcool contém agora clorofila e xantofila. Adiciona-se a esta solução um pouco de benzina ou gasolina. Agita-se o tubo de ensaio. A gasolina ou benzina não se mistura com o álcool; depois de algum tempo, em razão da sua menor densidade relativa, sobrenada ao álcool. A clorofila é mais fàcilmente solúvel na benzina do que no álcool, o que não se dá com a xantofila. Em conseqüência disto, a benzina tira a clorofila da mistura alcoólica. No tubo de ensaio encontraremos em cima um anel verde-escuro, formado por benzina com clorofila e embaixo, uma zona amarela, formada por álcool com xantofila. Decantando a benzina num outro tubo de ensaio, obtém-se a separação dos dois pigmentos.

De maneira análoga consegue-se a carotina, submetendo-se à ação extrativa do álcool ou da benzina uma cenoura cortada em pedaços.

Com a solução alcoólica das fôlhas verdes picadas é também possível demonstrar, duma maneira elegante, a presença simultânea nos cloroplastos das clorofilas α e β, das xantofilas e das eritrofilas aplicando *cromatografia de adsorção em papel* (Fig. 7).

Corta-se uma tira de aproximadamente 20 por 4 cm de tamanho de papel Whatman n.º 1. (Na falta dêste tipo de papel pode ser usado papel de filtro comum, porém com resultados inferiores.) Na distância de 1,5 cm duma das extremidades da tira, traça-se com lápis uma linha horizontal e no centro desta um círculo com diâmetro não superior a 5 mm. Ao centro dêste círculo aplica-se com uma pipeta de bôca muito fina uma gôta da solução de tal maneira que, ao espalhar-se, não ultrapasse o traço circular. Em seguida levanta-se a tira até secar a gôta da solução. O mesmo processo deve ser repetido até que se forme uma mancha bem verde no interior do círculo. A tira de papel é agora introduzida num cilindro de vidro, talvez uma mesura, de tamanho tal que o papel não toque nos seus lados. O cilindro deve conter uma camada de toluol que molha o papel sem atingir a zona corada. Introduzida a tira, deve-se tapar o cilindro. O toluol, subindo na tira de papel, arrasta consigo os pigmentos e deposita-os em diversas alturas de acôrdo com a respectiva velocidade de migração. De baixo para cima aparecerão zonas sucessivas de clorofila β, clorofila α, xantofila e eritrofila.

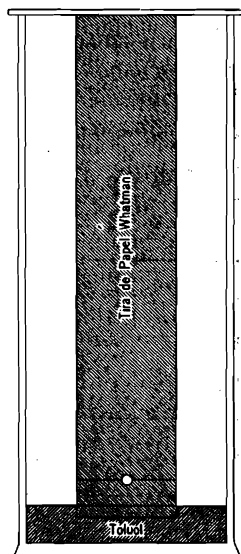



Fig. 7 — Aparelhamento para cromatografia em papel.

As antocianas podem ser extraídas das pétalas vermelhas da flor de mimo-de-vênus (*Hibiscus rosa-sinensis*) ou do gramofone (*Ipomœa sp.*). O pigmento extrai-se de pedaços das pétalas por meio de água num tubo de ensaio. Juntam-se algumas gôtas dum ácido à solução decantada num

tubo de ensaio, e obtém-se uma coloração vermelha. Neutralizando o ácido por meio duma solução alcalina, a côr vermelha passa para uma tonalidade roxa, azul e finalmente verde.

7. §. Substâncias de reserva

Há nas células vegetais vários tipos de substâncias de reserva: açúcar, amilo, celulose, óleos gordurosos (lipóides), aminoácidos e proteínas. O açúcar encontra-se dissolvido no suco celular. O amilo forma grãos sólidos. A celulose é depositada nas membranas celulares. Os óleos gordurosos se acham ou em vacúolos especiais, sob forma de gôtas, ou distribuídos no suco celular, sob forma de finíssima emulsão. Óleos gordurosos em emulsões de alta percentagem há-os na maioria das sementes vegetais. Não são visíveis ao microscópio. A forma típica das reservas de proteínas ou albuminas são os grãos de aleurona.

O *amilo* ou *amido* é produto da polimerização de moléculas de açúcar, acompanhada da perda duma molécula de água de cada molécula de açúcar. Sua fórmula química é: $(C_6H_{10}O_5)$ n. A fórmula representa dextrina, amilodextrina, ou amilo pròpriamente dito, conforme o valor de *n*. O valor de *n* é menor na dextrina e sobe gradativamente da amilodextrina para o amilo. A *dextrina* forma cristais solúveis na água. É incolor e não se torna colorida pela ação do lugol (solução aquosa de iodeto de potássio e iôdo metálico). A *amilodextrina* é incolor e solúvel na água. Tratada com lugol, toma uma coloração vermelha. O amilo é incolor e insolúvel na água, mas incha na água quente. Tratado com lugol, torna-se azul.

Os *grãos de amilo* são compostos por numerosos cristais. Originam-se nos plastídios. No interior de um plastídio aparece um pequeno centro de formação, denominado hilo. Em redor dêste hilo depositam-se camadas concêntricas de cristais de amilo, consecutivamente. As camadas concêntricas são alternadamente mais e menos hidratadas e, em conseqüência disto, aparecem como linhas claras ou escuras. O plastídio gasta-se na formação do grão de amilo.

O tamanho dos grãos de amilo varia entre 0,02 mm e 0,17 mm. Tratados com lugol, tomam coloração azul ou roxa, de acôrdo com a percentagem de amilo e amilodextrina que contenham. A forma, a composição e o tamanho dos grãos de amilo são específicos, variando com a espécie vegetal da qual provêm. Seu reconhecimento microscópico é importante para trabalhos farmacognósticos e na fiscalização bromatológica (Fig. 8). Observadas na luz polarizada, com os dois prismas

de Nicol cruzados, apresentam uma cruz negra de braços recurvos. Êstes braços se cruzam sôbre o hilo. Os grãos de amilo incham na água quente e perdem a estriação. Tratados com KNO_3 apresentam fendas radiais.

Fig. 8 — Tipos de grão de amilo. A — da batata-inglêsa (*Solanum tuberosum*); B — do arroz (*Oryza sativa*); C — do milho (*Zea mays*); D — do feijão (*Phaseolus vulgaris*); E — da batata, observado na luz polarizada.

Nos cromatóforos de certas algas encontramos grãos de amilo, dispostos em redor dum cristal de albuminas, denominado *pirenóide*. O conjunto de cristal com os grãos de amilo, denomina-se *amilo-pirenóide*.

Grãos de aleurona encontram-se nas sementes, e de preferência nas camadas logo abaixo da casca. Sòmente raras vêzes estão nos órgãos vegetativos da planta. Os grãos de aleurona formam-se no interior dos vacúolos celulares. Nestes vacúolos, o suco celular se enriquece de protídios pela ação do citoplasma. O vacúolo de suco celular se transforma num grão mole, quase sólido, pelo aumento gradativo da concentração de aminoácidos e albuminas. A massa dêste corpúsculo chama-se substância fundamental do grão de aleurona. Tem a forma e o tamanho do vacúolo e é hidrossolúvel. Dentro da massa fundamental se cristalizam corpos redondos e outros limitados por faces planas. Os corpos redondos chamam-se globóides; os outros, cristalóides.

Fig. 9 — Célula com grãos de aleurona; c = cristalóide; m = massa fundamental; g = globóide.

Os *cristalóides* são proteínas cristalizadas. Os *globóides* são compostos pelos sais de Ca e Mg do ácido inositol-fosfórico. Num grão de aleuroma pode haver, além da massa fundamental, um ou vários globóides e cristalóides; em outros casos, há sòmente cristalóides ou sòmente globóides; às vêzes se compõe simplesmente de massa fundamental (Fig. 9). Tratados com lugol, tornam-se pardos. São incolores por natureza.

Nas sementes dos nossos cereais, como trigo, arroz, etc., há, abaixo da casca, uma camada de células repletas de grãos de aleurona, enquanto o interior contém apenas grãos de amilo. Na fa-

rinha de trigo bem branca, faltam as camadas com grãos de aleurona. Na farinha de trigo menos fina, usada para a fabricação do chamado pão integral, são aproveitadas. Daí o maior valor alimentício do pão integral.

Observação prática. Para observar grãos de amilo com estriação concêntrica bem visível, basta raspar um pouco da massa branca do interior duma batata-inglêsa (*Solanum tuberosum*), crua. Observa-se esta pasta em água, álcool ou glicerina. Na batata-inglêsa há grãos simples com um único hilo e grãos compostos com dois ou três. Os grãos compostos originam-se no mesmo plastídio em que aparecem vários hilos ao mesmo tempo. As camadas exteriores de amilo rodeiam o grão inteiro.

Os grãos de aleurona podem ser observados com todos os detalhes — massa fundamental, cristalóides e globóides — nas células das sementes da mamona (*Ricinus communis*). A semente deve ser cortada com a navalha e os cortes devem ser postos numa lâmina com óleo, para evitar que se dissolva a substância fundamental. Observações ligeiras podem ser feitas em álcool absoluto. Os grãos inteiros aparecem bem delimitados. Os cristalóides e globóides pouco visíveis. Adiciona-se um pouco de água que dissolve a massa fundamental. Os globóides e cristalóides, libertados de seu envoltório, apresentam-se com tôda nitidez.

8. §. Inclusões sólidas na célula

Além dos núcleos, plastídios e substâncias de reserva, há, nalgumas células, inclusões verdadeiramente sólidas, formadas por matéria mineral. Trata-se, de ordinário, de cristais de oxalato de cálcio ou de granulações calcárias (carbonato de cálcio).

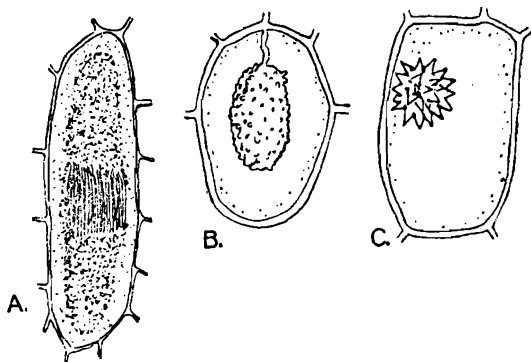



Fig. 10 — Inclusões sólidas em células vegetais. A — Ráfides numa célula do caule de *Dracœna spec.* (Seg. Schenk). B — Cistólito numa célula duma fôlha de *Ficus elástica* (Seg. Fitting). C — célula duma fôlha de Arruda (*Ruta graveolens*) encerrando um cristal composto de oxalato de cálcio (drusa). Esquematizado: 300 x, aproximadamente.

Os cristais de oxalato de cálcio encontram-se nas fôlhas, na casca dos caules e na madeira de muitos vegetais. Apresentam-se sob 4 formas principais: areia cristalina formada por unidades muito pequenas e que mesmo ao microscópio dão a impressão de partículas finas, monocristais, de aspecto rômbico, freqüentemente formando fileiras nas células da madeira dos troncos, drusas e ráfides. Ráfides são feixes de finíssimas agulhas cristalinas (Fig. 10, A e C).

A função dêstes cristais ainda não está totalmente esclarecida. Parece variar nos diversos casos. Às vêzes, podem formar um sistema tampão oxálico. Outras vêzes tratar-se-á de substâncias tóxicas finais do catabolismo vegetal, e, neste caso, poderão ser eliminados junto com as fôlhas e cascas que são substituídas periòdicamente (emunctórios). Excepcionalmente, podem até servir de órgão de defesa (ráfides da *Pistia stratiotes*). Na maioria das vêzes, porém, ignoramos sua função.

Encontram-se granulações calcárias nas fôlhas e nos caules de muitas plantas de famílias diversas, como, p. ex., nas Moráceas, Urticáceas e Acantáceas. Denominam-se *cistólitos* (Fig. 10, B). Os cistólitos formam-se da seguinte maneira: a membrana celular engrossa consideràvelmente num único lugar, formando um prolongamento para o interior da célula. Êste é incrustado com cal até que haja na célula um corpúsculo grosso, suspenso nela como o badalo no sino. É desconhecida a função dos cistólitos; talvez se trate de órgãos de equlíbrio, cujo funcionamento seria idêntico ao dos estatólitos de certos crustáceos. Os *estatólitos* são pequenas pedras. Os crustáceos levantam-nos da areia de seu ambiente e os colocam numa pequena bôlsa situada na base de suas antenas. Aí exercem pressão, no sentido da gravidade, sôbre pequenas cerdas irritáveis. Esta irritação permite aos crustáceos orientarem-se em relação à gravidade. É possível que os cistólitos exerçam pressão sôbre o citoplasma nas membranas celulares, permitindo assim um contrôle da posição estática. Os grãos de amilo exercem função semelhante nalguns caules herbáceos.

Observação prática. Para poder observar cristais de oxalato de cálcio, basta fazer um corte transversal numa fôlha de arruda (*Ruta graveolens*). Para obter um bom preparado, convém pegar várias folhinhas entre dois pedaços de medula de sabugueiro e cortá-las tôdas ao mesmo tempo com a navalha molhada em água. Os cortes são transportados para uma lâmina com água e cobertos pela lamínula. Entre os numerosos cortes haverá um ou outro suficientemente fino e bem orientado, dentro do qual existem algumas células com cristais de oxalato de cálcio.

Encontram-se ráfides, p. ex., nos caules do sangue-de-dragão (*Dracena*

spec.), fôlhas da parreira (*Vitis vinifera*) e de muitos outros vegetais. Importa fazer cortes tangenciais com a navalha e observá-los numa lâmina com água.

Cortes através da base das fôlhas de *Pistia stratiotes*, planta flutuante, comum nos riachos e aquários do ar livre, às vêzes conhecida por "repôlho-d'água", fornecem ótimo material para observação simultânea de ráfides e drusas.

Monocristais podem ser observados nos cortes longitudinais da madeira de açoita-cavalos (*Luehea divaricata*) e de muitas outras árvores nativas. Os cortes podem ser feitos com navalha e observados em água.

Os cistólitos encontram-se nas fôlhas das figueiras, que devem ser cortadas e preparadas de maneira idêntica à das fôlhas de arruda. Às vêzes, a observação dos cistólitos requer alguma paciência e tenacidade.

9. §. Os vacúolos e o suco celular

O suco celular é um líquido aquoso. Enche os vacúolos das células e o lúmen das células componentes do sistema de condução. O suco celular que está nas células de condução denomina-se seiva. O suco celular, composto de água, sais minerais ou outras substâncias diretamente absorvidas do solo, denomina-se seiva bruta ou seiva ascendente. Depois de ter passado às células das fôlhas ou de outros órgãos de assimilação, etc., recebe nestas partes as substâncias orgânicas nelas produzidas e passa a chamar-se seiva elaborada ou descendente.

Os vacúolos são pequenos e numerosos nas células jovens. No decorrer da diferenciação citológica aumentam de tamanho e diminuem em número. São freqüentes os casos com um único vacúolo central numa célula. Os vacúolos são rodeados por uma membrana limitante com características semelhantes às da membrana plasmática! A membrana dos vacúolos é denominada *tonoplasto*. O conjunto dos vacúolos duma célula denomina-se *vacuoma*.

Os vacúolos desempenham funções bastante importantes na vida celular. Além de contribuírem para a formação de substâncias de reserva, etc. (veja 5. §. e 6. §.), constituem uma espécie de fundo geral para receber e distribuir as substâncias procedentes da degradação e necessárias para a síntese das macromoléculas transitórias cujas metamorfoses incessantes constituem característica tão essencial do próprio processo vital (compare 2. §.: parábola do exército).

Entre as múltiplas funções dos vacúolos convém relembrar a importância dos sistemas tamponados para a manutenção do pH e a influência da concentração molecular do suco celular para os fenômenos de transporte osmótico e a rigidez do tecido (veja 1. §. plasmólise).

O suco celular das células vegetais contém vários grupos de substâncias que abaixo resumimos:

Diversos sais minerais se encontram dissolvidos no suco celular. Trata-se, em geral, de nitratos, sulfatos e fosfatos. São indispensáveis para o crescimento e a organização do citoplasma, etc.

Os hidratos de carbono encontram-se dissolvidos no suco celular, sob forma de açúcar, dextrina, amilodextrina, etc. São transportados assim duma célula para a outra, p. ex., das células de assimilação das fôlhas — nas quais se formam — para as células dos órgãos de reserva, onde serão depositados sob forma de grãos de amilo.

Como já se pode deduzir dos conhecimentos acêrca da origem dos grãos de aleurona, existem substâncias protéicas no suco celular. Os protídios, insolúveis na água, encontram-se em suspensão.

Há também diástases e enzimas. As diástases são substâncias catalisadoras que promovem a decomposição dos hidratos de carbono na célula vegetal. Freqüentemente se trata de simples hidratação, isto é, da transformação do amilo em açúcar; outras vêzes, de decomposição mais profunda, que atinge os elementos fundamentais: água e anidrido carbônico. Tanto o vapor de água como o gás carbônico, assim produzidos, podem ser expelidos da célula através dos meatos intercelulares que se comunicam com os ostíolos dos estômatos da epiderme. As enzimas servem para decompor os protídios. Em geral, a decomposição dos protídios no organismo vegetal não vai além dos aminoácidos, e não, como no organismo animal, até ao ácido úrico, amoníaco, etc. Os aminoácidos ficam no suco celular, onde podem ser reaproveitados, diretamente, na formação de moléculas de protídios. São reservas materiais. Os mais freqüentes são asparagina, glutamina e arginina. Os produtos da decomposição das albuminas no catabolismo dos animais são inaproveitáveis e devem ser eliminados do organismo. Eis por que nos vegetais falta um aparelho de excreção destas substâncias, o que não acontece nos animais.

No suco celular quase nunca faltam os ácidos orgânicos, como: ácido málico, ácido cítrico, ácido acético, etc. Entram na formação de sistemas tamponados, destinados a manter o pH do suco celular dentro de certos limites. Muitas vêzes são responsáveis pelo gôsto acidulado e parte do aroma dos frutos. Às vêzes, nas plantas inferiores, são secretados pelo gameta feminino a fim de atraírem quimotàticamente o gameta masculino.

É principalmente no suco celular das células da casca das Coníferas, das aroeiras, da acácia-negra e de muitos outros vegetais, às vêzes também nas fôlhas e outros órgãos, que se encontram as *taninas*, substâncias medicinais e também de grande importância na indústria de curtume. Curtem o couro. Têm efeito adstringente no intestino humano. Sua função no organismo vegetal é discutida. Alguns consideram-nos substâncias de reserva, outros, ao contrário, produtos finais do catabolismo e, como tais, destinados à eliminação junto com as fôlhas velhas e pedaços de casca pela planta. Podem contribuir para a constituição de sistemas tamponados.

Outro grupo de substâncias, de suma importância medicinal e industrial, são os *alcalóides* do suco celular de muitos vegetais. Apresentam reação levemente alcalina, devida à presença de grupos amínicos em sua molécula. Muitas vêzes têm gôsto amargo. Exercem forte ação sôbre o organismo humano. Alguns são valiosos estimulantes, outros, perigosos entorpecentes ou benéficos medicamentos na mão do médico. Freqüentemente são específicos para a espécie vegetal ou grupo de espécies, das quais podem ser extraídos. Nada se sabe de positivo sôbre sua função fisiológica no organismo vegetal. Talvez façam parte do sistema tampão, existente no suco celular. Citaremos, a seguir, alguns alcalóides importantes, registrando entre parênteses os nomes científicos das plantas em que se encontram: cofeína ou cafeína (*Coffea arabica, Ilex paraguayensis, Paullinia cupana*), morfina (*Papaver somniferum*), teobromina (*Theobroma cacao*), estricnina (*Strychnos nux-vomica*), atropina (*Atropa belladonna*), quinina (*Cinchona calisaya* e outras espécies dos gêneros *Cinchona* e *Remijia*), cocaína (*Erythroxylum coca*), nicotina (*Nicotiana tabacum*), reserpina (*Rauwolfia serpentina*). Eleva-se a centenas o número total de alcalóides conhecidos e usados.

Na citação dos exemplos de alcalóides desrespeitamos conceitos químicos modernos para não complicar o assunto, de vez que, de acôrdo com êstes, a cofeína, exemplo clássico para os Botânicos, é hoje considerada glicídio.

O suco celular de certas plantas encerra óleos gordurosos, essências aromáticas voláteis e resinas. Os óleos gordurosos (lipídios) são substâncias de reserva. Os óleos ou essências aromáticas produzem o perfume, agradável ou desagradável, das flôres, dos frutos, etc. Os cheiros e perfumes resultantes de sua combinação com outras substâncias (açúcares etc.) são de suma importância para a polinização das flôres e para a disseminação de frutos e sementes. Não se sabe se têm ou-

tra função no organismo vegetal. A função das resinas é conhecida parcialmente. Servem muitas vêzes para a defesa das plantas: afugentando, pelo gôsto ou cheiro desagradáveis, os animais herbívoros; impedindo-lhes os movimentos na planta, graças à sua natureza pegajosa ou protegendo contra o contágio a cicatrização de ferimentos recebidos. Das resinas de Coníferas, extrai-se colofônio, aguarrás e outros produtos. As resinas das Seringueiras fornecem borracha crua.

Os fito-hormônios (*auxina*) devem ser localizados, pròvàvelmente, no suco celular. Não é impossível que se encontrem no seio do citoplasma.

10. §. A membrana de celulose e suas transformações

Em tôdas as células encontramos o citoplasma vivo limitado por uma membrana plasmática, o plasmolema. Entre as células dos tecidos vegetais há além desta, paredes divisórias de resistência variável nos diversos tecidos e genèricamente denominadas membranas de celulose. O tipo mais simples destas membranas consiste numa fina película, principalmente composta de pectoses. Sòmente as células embrionárias apresentam tais membranas primitivas sem refôrço. As membranas de pectose são formadas no fim da divisão mitótica da célula. Aparecem perpendiculares aos filamentos do fuso acromático na região mediana do mesmo (compare 11. §. *Multiplicação da célula*). Logo depois, nos tecidos diferenciados, são reforçadas, no mínimo por uma camada em cada célula. Na composição química destas camadas prevalecem as celuloses e hemiceluloses. De maneira que duas células dum mesmo tecido se encontram separadas uma da outra por uma membrana composta de três camadas: a camada central de pectose, denominada lamela central, reforçada em cada lado por uma lamela secundária de celulose. O conjunto das três camadas chama-se *membrana celulosa.* A celulose difere da pectose, principalmente por uma propriedade física: a celulose é insolúvel em água a 100 °C; a pectose dissolve-se ou geleifica na água quente. A fórmula geral da celulose é $(C_6H_{10}O_5)$ n. A composição química da pectose é mais complicada. Celulose é uma substância incolor, mais ou menos permeável e elástica. Dissolve-se pela ação do ácido sulfúrico concentrado e é insolúvel nos ácidos fracos ou diluídos. É solúvel no óxido amoniacal de cobre (Reagente de SCHWEIZER). Na microtécnica pode ser reconhecida pela ação do cloreto de

zinco iodado, o que lhe dá uma coloração azulada. Com lugol torna-se parda, assim como as substâncias protéicas do citoplasma.

O microscópio eletrônico revela a existência duma estrutura de fibrilas alongadas, geralmente dispostas em ordem espiralada e orientadas de maneira variável nas diversas lamelas componentes duma membrana.

Secundàriamente, as membranas celulosas das células vegetais se modificam de duas maneiras diferentes: ou por incrustações e reforçamento com novas camadas de outras substâncias, ou por modificação química da própria parte celulosa ou péctica. Em ambos os casos falamos de transformações da membrana celular.

A parte exterior das membranas da epiderme das fôlhas e dos caules é transformada em cutina, substância incolor ou amarelada, impermeável à água e insolúvel no ácido sulfúrico. A *cutina* forma por cima da epiderme uma película contínua. Esta película denomina-se *cutícula.* O processo de sua formação é chamado *cutinização* ou *cuticularização* da membrana. Tratada com cloreto de zinco iodado, a cutina toma coloração amarelada, se já não a tiver por si.

No interior dos vegetais encontramos células com as membranas parcialmente ou totalmente lignificadas. A *lignificação* pode ser uma modificação da estrutura química da membrana ou uma incrustação com camadas de lignina. Ao tecido de células com as membranas lignificadas chamamos madeira. A lignina é uma substância impermeável à água, bastante resistente à pressão e pouco elástica. Sua côr varia entre o amarelado e o avermelhado. Para extraí-la, ferve-se a madeira com bissulfeto de potássio ou com soda cáustica. Pode ser destruída pela ação do ácido sulfúrico concentrado; a membrana lignificada reconhece-se, na microtécnica, pela reação que produz com uma solução de floroglicina e ácido clorídrico. Tratada com êste reagente, toma coloração vivamente vermelha, quase roxa até. A côr macroscópica das madeiras depende da côr própria da lignina, da grossura das membranas e do diâmetro do lúmen das respectivas células. Células de membranas parcialmente lignificadas são os vasos lenhosos.

Na casca das árvores encontramos placas duma substância chamada *cortiça.* A cortiça é um tecido de células com as membranas totalmente suberificadas, isto é, transformadas em suberina. A *suberina* é completamente impermeável à água e resiste à ação do ácido sulfúrico concentrado. É pouco elástica e relativamente macia. Sua côr varia entre a amarela e a

levemente avermelhada. No microscópio pode ser identificada por uma solução de Sudan III em glicerina, o que lhe dá uma coloração vermelha. O Sudan III não tinge outras partes da célula, a não ser gôtas de óleo ou lipídios inconfundíveis com a membrana. Além da cortiça de caules e raízes, também encontramos células suberificadas no endoderma das raízes. As células do endoderma podem apresentar uma faixa de suberina em tôdas as membranas radiais. Esta faixa denomina-se *faixa* ou *listra* de *Caspary*.

As outras transformações que as membranas celulares podem sofrer são a geleificação, a mineralização e a cerificação.

Entende-se por *geleificação* a transformação de membranas de celulose ou pectose em mucilagem gelatinosa. O fenômeno pode ser observado na epiderme ou nas membranas exteriores de muitas plantas aquáticas, na casca de muitas sementes e na abertura de muitos órgãos de reprodução. As gelatinas da casca das sementes são constituídas, na maioria das vêzes, por celulose de reserva. A identificação microscópica da estrutura e espessura da mucilagem processa-se por coloração negativa. Ao preparado em questão, adicionam-se algumas gôtas duma solução aquosa de tinta nanquim legítima que tingirá tôdas as partes do preparado, menos o espaço ocupado pela mucilagem ou por corpos sólidos.

Por *mineralização* entendemos a incrustação das membranas celulares com combinações de silício ou cálcio. Encontram-se principalmente nas epidermes que ficam endurecidas e, às vêzes, ásperas. O fio cortante da lâmina das fôlhas de muitos capins, p. ex., deve sua dureza à incrustação com sílica, a fragilidade de certas algas se deve ao cálcio.

A *cerificação* limita-se exclusivamente às epidermes. Consiste em uma impregnação das membranas exteriores com uma camada de cêra vegetal que as torna impermeáveis. A cêra pode formar uma camada contínua, semelhante à cutícula ou — e isto é seu aspecto típico — numerosos e finíssimos bastonetes, dispostos um ao lado do outro em tôda a extensão da membrana.

Resta a assinalar, por fim, que a membrana das células dos cogumelos pode ser composta de *quitina* em vez de celulose.

Observação prática. A celulose, substância fundamental e mais comum das membranas celulares dos vegetais, pouco oferece de interessante sob o ponto de vista da anatomia ao microscópio luminoso. Suas propriedades podem ser estudadas no algodão hidrófilo, que é constituído de fios de celulose.

Mais interêsse desperta a diferenciação entre celulose e cutina, em casos de dúvida. A diferença entre a cutina e a celulose pode ser obser-

vada num corte transversal da fôlha do cravo. Êste corte, preparado de maneira normal numa lâmina com água e tratado pela solução de cloreto de zinco iodado, apresenta uma epiderme com as membranas exteriores bastante grossas. Destaca-se nestas uma considerável faixa exterior, amarela, formada por cutina e uma outra interior, azulada, de celulose. Convém observá-la com um aumento de 400 x, aproximadamente.

A reação principal do reconhecimento da lignina pode ser experimentada com qualquer pedaço de madeira, tanto macroscópica como microscòpicamente. Para a observação microscópica, convém submeter a madeira, durante alguns minutos, ao cozimento na água a fim de amolecê-la. Do contrário, será difícil conseguir um corte suficientemente fino, sem prejudicar o fio da navalha. Ao preparado adiciona-se primeiramente uma gôta da solução alcoólica e floroglicina e depois uma gôta de ácido clorídrico concentrado. Tôdas as membranas de lignina tomam imediatamente coloração vermelho-escura.

A suberina pode ser estudada no corte feito através dum pedaço de cortiça ou de casca de árvore. O corte deve ser tratado com algumas gôtas de Sudan III, dissolvido em glicerina e, depois, aquecido levemente. O aquecimento acelera a reação e expulsa o ar contido no interior das células. Abaixo do microscópio nota-se que as membranas tomaram coloração vermelha. Isto não se teria dado com membranas de celulose, lignina ou cutina submetidas ao mesmo tratamento.

A *geleificação* pode ser estudada com vantagem na casca da semente de linhaça (*Linum usitatissimum*). Estas sementes podem ser adquiridas em qualquer armazém ou farmácia, sob a denominação de linhaça. Segurando a semente com pedaços de medula de sabugueiro, corta-se um pedaço da casca com a navalha ou, então, fragmenta-se a semente em pedaços de tamanho conveniente. Observam-se os pedaços numa lâmina com água, ao microscópio. As camadas exteriores da epiderme da casca começam imediatamente a geleificar. A extensão da mucilagem, sempre formada por várias camadas paralelas pode ser controlada pela coloração negativa com tinta nanquim. Fios de alga *Spirogyra* em água também dão bons resultados.

Bons exemplos de membranas mineralizadas fornecem todos os capins com fôlhas ou caules munidos de arestas duras e afiadas, os bambus e taquaras (várias espécies dos gêneros *Bambusa* e *Merostachys*), os cavalinhos (*Equisetum*), etc. Pequenas algas unicelulares, as chamadas Diatomáceas, apresentam as membranas silicificadas por completo.

A *cerificação* encontra seu exemplo clássico na fôlha da carnaubeira (*Copernicia cerifera*). Para a observação microscópica deve ser usada a mesma técnica que para a cutinização. Muitos outros vegetais, como por exemplo o milho (*Zea mays*) apresentam suas epidermes foliares cobertas por uma camada mais ou menos grossa de cêra. A presença da cêra pode ser constatada macroscòpicamente pela fervura em água de fôlhas picadas, ou por raspagem da epiderme com a unha do polegar.

11. §. Multiplicação da célula vegetal

As células do tecido vegetal multiplicam-se normalmente pelo processo indireto, denominado *mitose, cariocinese, cinese* ou divisão indireta. Sòmente em casos excepcionais é que se multiplicam pela divisão direta ou *amitose*. A *divisão indireta*

consiste num processo complexo, em que o núcleo celular sofre profundas transformações transitórias. É de suma importância conhecê-lo, para a compreensão de questões de biologia (genética) e reprodução. A *divisão direta* ou amitose nada mais é que um processo de estrangulamento do núcleo em dois pedaços, seguido pelo estrangulamento da célula. No fim da amitose resultam duas células novas, cada uma munida de um pedaço de núcleo da célula geratriz. Nada sabemos acêrca das fôrças que promovem o estrangulamento; apenas nos é possível observar que se efetua.

Os núcleos de tôdas as células vegetativas dos organismos da mesma espécie contêm número igual e específico de *cromossomos*. Costumamos representar pela letra n, o número específico de cromossomos. O ciclo evolutivo de todos os organismos que possuem reprodução sexuada compreende duas fases, a saber: a *haplófase* e a *diplófase* (gr. *haploós* = simples; *diplós* = duplo). Na haplófase todos os núcleos apresentam n cromossomos; na diplófase $2n$. Na haplófase, o vegetal se chama *gametófito* (gr. *gamétes* = gameta e *phyton* = planta); na diplófase, tem o nome de *esporófito* (planta de esporos), porque nalguns casos — musgos e samambaias, p. ex. — as duas fases correspondem aos órgãos produtores dos gametas e dos esporos, respectivamente. Os núcleos com n cromossomos são chamados haplóides; os núcleos com $2n$ cromossomos, diplóides. O fenômeno que marca a passagem da fase gametofítica para a esporofítica é a *fecundação*. Fundamentalmente, a fecundação consta da fusão de duas células ou de dois núcleos haplóides (n), denominadas gametas, em uma diplóide ($n + n = 2n$). Desta célula diplóide por divisões mitóticas descende o esporófito. A passagem da fase esporofítica para a gametofítica é marcada por um processo especial, denominado *meiose*. A meiose consta normalmente de duas *divisões de maturação*, transformando o núcleo diplóide em 4 haplóides (Veja: pág. 47). A primeira destas divisões e que reduz o número de cromossomos foi denominada *divisão dedutora* ou *mitose heterotípica*. A segunda que distribui os genomas recombinados nos 4 núcleos haplóides, *divisão de equação* ou *mitose homotípica*, sendo, equìvocamente, equiparada com as divisões mitóticas do crescimento somático (gr. *homos* = igual; *heteros* = diferente).

Destas células, pelo crescimento por mitoses, originam-se gametófitos. Um exemplo servirá para ilustrar êstes fatos: a planta duma samambaia, escadinha-do-céu, ou qualquer outra, é um esporófito. Todos os núcleos de tôdas as células des-

ta planta são diplóides ($2n$). As samambaias reproduzem-se por pequenas células, chamadas esporos. Cada célula da samambaia, destinada a formar esporos, passa por uma meiose, que transforma seu núcleo diplóide em quatro núcleos haplóides. Cada esporo tem um núcleo haplóide (n). Os esporos podem germinar, isto é, podem multiplicar o número de células componentes. Esta multiplicação celular ou crescimento se dá por mitoses. Resulta um corpo plano, verde e pequeno, formado por células haplóides, denominado prótalo. O prótalo é o gametófito das samambaias. Dêle se destacam certas células especializadas com núcleos haplóides que são os gametas. Da fusão de dois gametas haplóides resulta uma célula diplóide que, ao desenvolver-se pelo crescimento, dará origem a nova planta esporofítica.

Qualquer núcleo pode multiplicar-se por mitose. Dum núcleo diplóide resultam dois núcleos diplóides; dum núcleo haplóide, dois núcleos haplóides. Sòmente os núcleos diplóides podem sofrer meiose (divisão redutora, mitosé heterotípica). Um núcleo diplóide dá origem a dois haplóides pela mitose heterotípica. Mitose, em si, é o processo comum do crescimento dum tecido celular.

A *mitose* das células vegetais transcorre quatro fases.

Segundo STRASSBURGER, denominam-se prófase, metáfase, anáfase e telófase. Estas fases constituem uma divisão arbitrária, pois o fenômeno é dinâmico e contínuo, desprovido de intervalos. No entretanto entre duas divisões consecutivas existe um período maior ou menor de repouso, denominado interfase.

A *interfase* (Fig. 11, 1) é caracterizada pela estrutura aparentemente granulosa, reticular da cromatina do núcleo. (Compare: 2. §.)

A *prófase* (Fig. 11, 2 - 3) começa a divisão do núcleo por um enrolamento dos cromossomos encurtados e engrossados, já fendidos em duas partes idênticas, denominadas cromátides. A membrana nuclear começa a desaparecer. No fim da prófase também os nucléolos se dissolvem e o seu RNA se mistura ao citoplasma. No mesmo, aparecem finíssimos filamentos que não se tingem com os corantes usados para evidenciar os cromossomos. O conjunto dêstes filamentos forma um fuso bipolar ao redor do núcleo, o *fuso acromático.*

Durante a *metáfase* (Fig. 11, 4 - 5) a membrana nuclear e os nucléolos desaparecem por completo. O fuso acromático toma feição definitiva. Os cromossomos ordenam-se num plano equatorial entre os dois pólos do fuso. Chamamo-lo *pla-*

ca equatorial ou *monaster* (*astér* = estrêla), pois a disposição das extremidades livres dos cromossomos, vista dum pólo do fuso, relembra os braços de uma estrêla.

As cromátides componentes de cada cromossomo separam-se por completo e constituem, cada uma, um cromossomo nôvo. Êste, por sua vez, já poderá ser visìvelmente dividido em duas cromátides novas.

O conjunto formado pelo fuso acromático e os cromossomos parece formar um aparelho distinto no seio do citoplasma.

A *anáfase* (Fig. 11, 6) é caracterizada pelo deslocamento

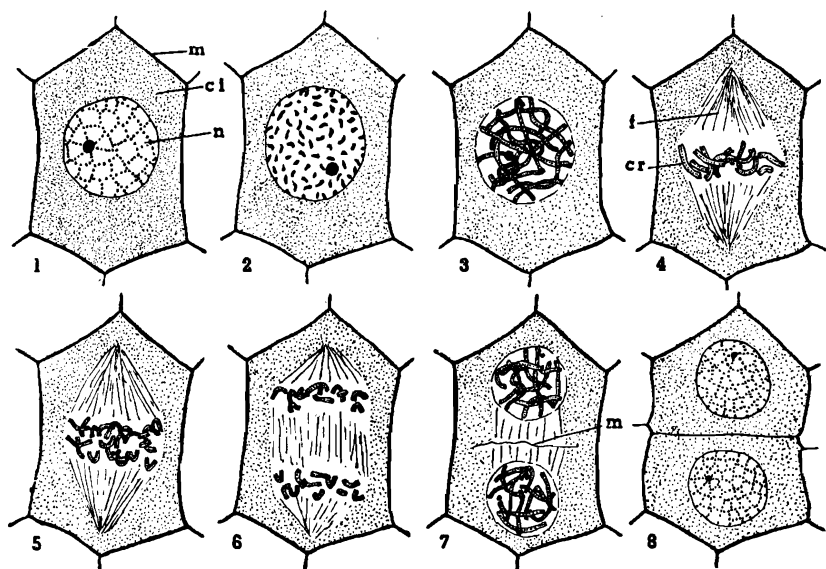



Fig. 11 — Fases consecutivas da divisão mitótica duma célula vegetal. (Mitose homotípica ou somática ou divisão equacional.) Esquematizado. 1 — Interfase; 2-3 — Prófase; 4-5 — Metáfase; 6 — Anáfase; 7-8 — Telófase. ci. = citoplasma; cr. = cromossomo; f. = filamento do fuso acromático; m. = membrana celular; n. = núcleo. Orig.

dos cromossomos para os pólos do fuso acromático. Os componentes de cada par de cromossomos, resultantes da divisão, emigram para pólos opostos. Em conjunto constituem, assim, duas estrêlas, razão por que esta fase é também denominada *diaster*.

O fenômeno da mitose termina com a *telófase* (Fig. 11, 7-8). Quando os cromossomos atingem os pólos do fuso, começam

a se aglomerar, perdendo aos poucos sua individualidade visível. Passam a constituir novos núcleos que se circundam com nova membrana nuclear. Reaparacem os nucléolos. Por fim é reconstituído o aspecto reticular dos núcleos da interfase.

Simultâneamente, aparece no centro do fuso uma nova membrana celular. É finíssima e cresce do centro da célula para a periferia, em direção perpendicular a cada fio componente do fuso acromático. Quando atinge as membranas laterais da célula, concresce com estas. Engrossando e fortalecendo-se, produz nôvo ângulo no lugar do contato e isto, em virtude das fôrças de tensão e pressão existentes nela e na célula. A célula é dividida em duas. (Compare: *Cap. II, 1. §.*)

As duas divisões de maturação que compreendem o fenômeno da *meiose* diferem substancialmente da mitose. No início, o núcleo diplóide aumenta acima do normal (Fig. 12, 1).

A prófase é mais complexa:

Os cromossomos formam novelos de fios alongados e finos, irregulares, que se tingem bem devido ao enriquecimento com ácidos nucléicos (*Leptotênio*). Em seguida, na fase do *zigotênio*, enrolam-se em forma espiralada e tornam-se mais perceptíveis. Começa a conjugação dos cro-

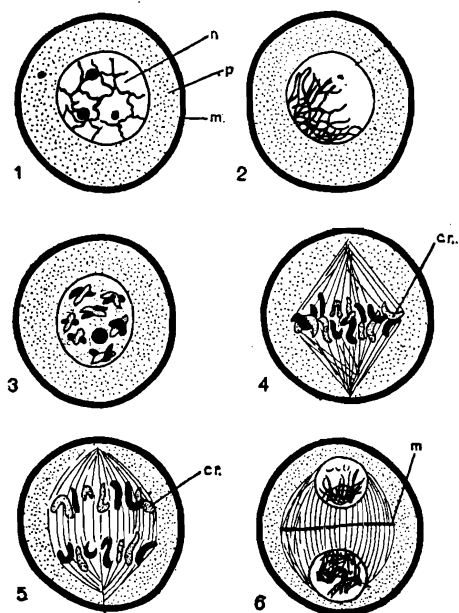



Fig. 12 — Fases consecutivas da primeira divisão meiótica duma célula-mãe dum grão de pólen (Mitose heterotípica). 1 — Célula-mãe com núcleo em interfase. 2 — Leptotênio. 3 — Diacinese. 4 — Placa equatorial. 5 — Deslocamento dos cromossomos. 6 — Comêço da formação dos núcleos-filhos e da membrana divisória. Neste esquema o núcleo-mãe, diplóide apresenta 2n = 14 cromossomos, o que se verifica nas Figs. 3 e 4. Os dois núcleos-filhos sòmente apresentam n = 7 cromossomos, cada um, o que se verifica pela Fig. 5. São haplóides cr. = cromossomos; m = membrana celular de celulose; n = núcleo; p = protoplasma.

mossomos em pares homólogos e que termina na fase do *paquitênio*. Nesta fase cada cromossomo está visìvelmente dividido em duas cromátides, desta maneira cada par constitui na realidade um conjunto de 4 cromátides. No *diplotênio* ocorre um encurtamento dos cromossomos conjugados e o comêço de sua separação. Cada par de cromossomos conjugados pode ser designado como *bivalente* ou *gêmeo* (*gemini*). A separação dos gêmeos pode dar origem a rupturas e recombinação da parte dum cromossomo homólogo com o outro (*quiasma, crossing over*). Na *diacinese* (Fig. 12, 3) os cromossomos atingem seu encurtamento máximo. Os gêmeos migram para a proximidade da membrana nuclear que se desintegra. Forma-se o fuso acromático e os pares de cromossomos assumem a placa equatorial (Fig. 12, 4). Os fenômenos descritos para o leptotênio até o comêço da diacinese correspondem à *prófase* da divisão, a formação da placa equatorial à *metáfase*. Na *anáfase*, os pares de cromossomos se separam por completo e um de cada par se desloca para cada um dos dois pólos do fuso acromático. Na *telófase* são constituídos dois núcleos haplóides que pouco depois entram em nova divisão. O intervalo, correspondente à interfase, é denominado *interquinese*. Difere da interfase da mitose pelo fato de os núcleos não voltarem completamente ao aspecto interfásico.

Na segunda divisão de maturação as cromátides dos dois núcleos haplóides são distribuídas em quatro núcleos haplóides.

A meiose pode ser acompanhada da divisão celular ou não. Às vêzes, não se forma uma membrana divisória e os dois núcleos haplóides ocupam então uma única célula. Quase sempre é seguida imediatamente por uma divisão somática. De uma célula diplóide resultam, então, primeiro duas e, finalmente, quatro células haplóides. Há casos em que a meiose se limita à primeira divisão de maturação.

Observação prática. Para a boa observação dos fenômenos acima citados, é conveniente usar lâminas preparadas com meios técnicos mais perfeitos, em algum laboratório. O microscópio deve ser munido duma objetiva de imersão 1/12, com um ocular de 10 x, fornecendo nesta composição um aumento de 1000 x, aproximadamente.

Pessoas hábeis e pacientes podem, no entanto, apreciar os complicados fenômenos que acabamos de descrever, com os meios técnicos indicados no início desta obra. Bons objetos para o estudo da divisão de equação fornecem as pontas das raízes da cebola. Para a observação da divisão redutora são indicadas as células-mães contidas nas anteras dos estames novos das flôres das trapoerabas (espécies dos gêneros *Tradescantia* e *Commelina*, muito comuns no Brasil e que florescem o ano inteiro). Ambos os objetos se preparam do mesmo modo:

Inicialmente, fixa-se o material numa mistura de álcool absoluto e ácido acético na proporção de 1 : 3. Para êste fim, submergem-se as pontas cortadas das raízes ou as anteras neste líquido, num cadinho de porcelana, levando-o para a chama e deixando-o chegar à efervescência 2 a 3 vêzes. O material pode permanecer no fixador de 5 minutos a 24 horas, sem prejuízo.

Depois, é transportado para uma solução saturada de pó de *carmim* em ácido acético glacial a 45% com água. Novamente é levado 2 a 3 vêzes à fervura, devendo permanecer pelo menos 2 a 5 minutos neste corante.

O carmim tinge os núcleos e, nestes, os cromossomos principalmente.

A observação microscópica é feita entre lâmina e lamínula com glicerina ou água ou o próprio corante como meio de inclusão. Convém amoldar o material por meio de leve pressão exercida com a unha do dedo polegar sôbre a lamínula.

I PARTE: ANATOMIA VEGETAL

CAP. II HISTOLOGIA

1. § Generalidades sôbre tecidos vegetais
2. § Meristemas
3. § Parênquimas
4. § Colênquimas
5. § Esclerênquima
6. § Tecidos de condução
7. § Anatomia da fôlha
8. § Pêlos da epiderme
9. § Anatomia do caule
10. § Anatomia da raiz
11. § Resumo

CAPÍTULO II

HISTOLOGIA

1. §. Generalidades sôbre tecidos vegetais

O tecido vegetal é um conjunto de células, unidas entre si pelas membranas. As células que compõem o mesmo tecido apresentam o mesmo grau de diferenciação, isto é, o mesmo aspecto anatômico e exercem no organismo as mesmas funções fisiológicas. As células dos tecidos vegetais apresentam formas variadas; geralmente tendem para formas poliédricas. Suas membranas determinam faces levemente curvas ou planas. As células vegetais isoladas tendem a formas esféricas. Os contornos das células vegetais são determinados pelo equilíbrio entre a tensão elástica das membranas e o turgor dos protoplastos.

Sirva de exemplo, para mostrar a ação destas fôrças contrárias, o crescimento duma oosfera fecundada. A oosfera ou

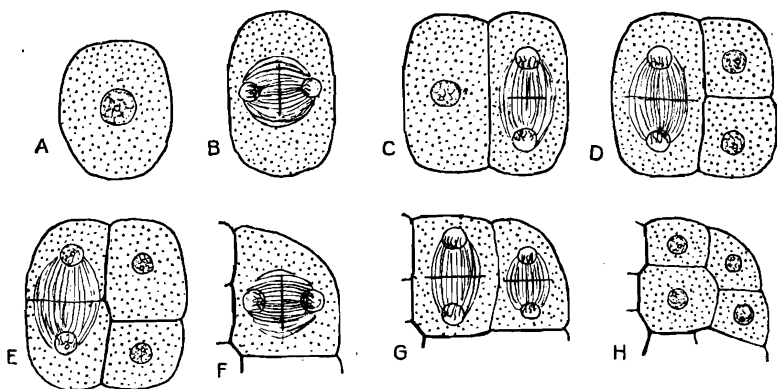



Fig. 13 — Fases consecutivas do desenvolvimento duma oosfera fecundada. Demonstra a transformação duma célula arredondada e isolada num tecido de células poliédricas. Esquematizado. Orig.

gameta feminino é uma célula mais ou menos arredondada e isolada (Fig. 13, A). Sua forma é determinada pela elasticidade da membrana e o turgor do protoplasto. A tensão elástica da membrana é aproximadamente igual em tôdas as partes de sua superfície, e o turgor do protoplasto age com fôrças iguais, de dentro para fora, sôbre todos os pontos da superfície. Resulta daí, necessàriamente, a forma esférica da célula. A oosfera começa a dividir-se por mitoses consecutivas depois da fecundação. Na primeira divisão espalha-se uma membrana através do centro da célula e liga-se à membrana exterior. A tensão elástica da membrana nova transforma a esfera em dois hemisférios (Fig. 13, B e C). Na superfície da esfera aparece um sulco originado pela membrana divisória. Cada um dos hemisférios subdivide-se em dois quadrantes e, por causa das fôrças de elasticidade, as zonas de ligação entre as membranas novas e anteriores são marcadas pelo aparecimento dum sulco ou duma aresta (Fig. 13, D e E). Os quadrantes desenvolvem-se de maneira análoga (Fig. 13, F e G). Cada divisão seguinte aproxima do tipo poliédrico os contornos das células resultantes. A primeira célula que atinge tal organização fica no interior de cada quadrante (Fig. 13, H). Com o tempo, as membranas celulares tornam-se mais fortes e grossas. A tensão elástica que exercem umas sôbre as outras aumenta. Em virtude disto, os ângulos formados entre membranas antigas são mais acentuados que os ângulos formados entre membranas mais recentes. A observação dos ângulos entre as membranas fornece muitas vêzes critério suficiente para analisar a maneira de crescimento dum tecido vegetal.

Os tecidos vegetais diferem bastante entre si. São classificados e denominados de acôrdo com os característicos anatômicos e fisiológicos das células componentes. Nos parágrafos seguintes apresentaremos os tipos mais importantes e freqüentes.

2. §. Meristemas

Os *meristemas* (gr. *merizo* = dividir) são tecidos embrionários, de organização muito primitiva. São os tecidos de formação dos vegetais. Produzem, por diferenciação, todos os outros tipos de tecidos e fazem crescer e desenvolver as plantas. Seu característico principal é a freqüência e rapidez das divisões celulares (mitoses). As células componentes apresen-

tam núcleos nítidos, relativamente grandes, citoplasma mais ou menos denso e membranas finas, compostas pela lamela central ùnicamente. Não há plastídios adultos, nem vacúolos, nem substâncias de reserva, nem espaços intercelulares de conformação adulta (Fig. 14). As células são pequenas, e, embora poligonais, tendem para a forma cúbica.

Muitos meristemas têm sua origem no embrião e continuam funcionando nas plantas adultas; chamam-se meristemas primários. Outros se formam nas plantas adultas por transformação secundária de tecidos diferenciados em tecidos embrionários e denominam-se meristemas secundários. De ordinário, o crescimento em comprimento dos vegetais é promovido pelos meristemas primários e o crescimento em espessura, pelos meristemas secundários. Os meristemas diferem entre si pelo funcionamento, isto é, pela disposição das células componentes e pela direção das mitoses.

Quanto ao funcionamento, existem numerosos tipos de *meristemas primários*. Em certos vegetais primitivos é a planta inteira que, com intensidade igual, contribui para o crescimento. Neste caso não existe meristema, a não ser que queiramos considerar tôda ela como meristema. Em outros casos, há zonas meristemáticas que promovem o crescimento; devemos então distinguir entre zonas de crescimento, intercaladas em zonas dos órgãos dos vegetais, afastados da ponta (*crescimento intercalar*) e zonas de crescimento apicais, situadas nas pontas (*crescimento apical*). O crescimento intercalar é exercido por uma ou várias camadas de células meristemáticas de organização semelhante à representada na Fig. 14. O crescimento apical é dirigido pelas chamadas células iniciais ou por meristemas de várias camadas. A forma e o funcionamento das *células iniciais* são diferentes conforme se destinem à produção de fios celulares, de planos de células, de corpos de células.

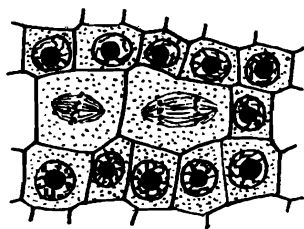



Fig. 14 — Parte dum meristema da raiz primária do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Duas células da fileira mediana estão em divisão. 600 x. Original.

Nos fios celulares de muitas algas, cogumelos, etc., encontra-se o tipo mais simples de célula inicial, a chamada *célula inicial unifacial* (Fig. 15, A). A célula inicial unifacial sempre se divide na mesma direção. Fornece células novas na sua base, as quais vão aumentar o comprimento do fio.

Algumas algas, hepáticas e protalos de samambaias são constituídos por planos formados de uma camada de células (ou poucas camadas). Crescem por meio de um meristema primário, dirigido por uma *célula inicial bifacial* (Fig. 15, B). A célula inicial bifacial divide-se para a direita e para a esquerda alternativamente. Sempre fornece um segmento nôvo para um lado e depois para o outro. Cada um dos segmentos cresce e subdivide-se posteriormente. Sua forma real é semelhante à de uma lente biconvexa cortada ao meio.

Na ponta dos caulóides de muitos musgos e nas pontas dos botões das fôlhas e dos caules da maioria dos fetos existem zonas meristemáticas terminadas por *células iniciais trifaciais* (Fig. 15, C). A célula inicial trifacial divide-se para três lados alternativamente. Os segmentos formados divergem um do outro em 120° aproximadamente; o quarto segmento en-

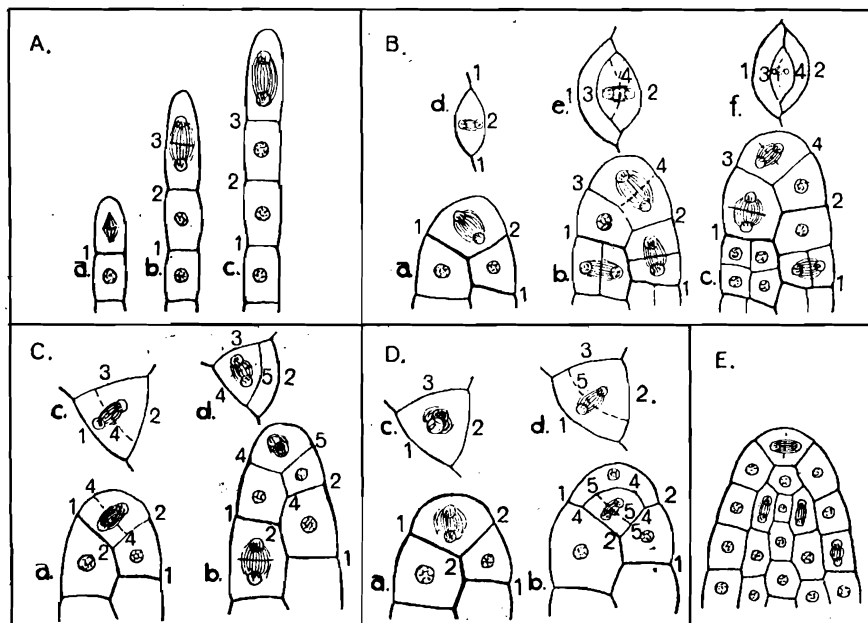



Fig. 15 — Meristemas primários. A — Célula inicial unifacial; a, b, c — fases consecutivas do desenvolvimento. B — Célula inicial bifacial; a, b, c — seções longitudinais de fases consecutivas; d, e, f — seções transversais correspondentes. C — Célula inicial trifacial; a, b — seções longitudinais de fases consecutivas; c, d — seções transvers. correspond. D — Célula inicial quadrifacial; a, b — seções longitud.; c, d — seções transv. corresp. E — Cone vegetativo meristemático. Esquema original.

contra-se na mesma posição que o primeiro; o quinto, abaixo do segundo; o sexto, abaixo do terceiro. etc. Cada segmento cresce e subdivide-se posteriormente. Difere da célula inicial bifacial na seção transversal, pelos contornos triangulares.

Nas raízes das samambaias encontra-se o tipo mais complicado de célula inicial: a *célula inicial quadrifacial* (Fig. 15, D). É de forma igual à da célula inicial trifacial, mas, além dos três segmentos consecutivos laterais, emite um quarto segmento para cima ou para baixo, que serve para produzir a coifa da raiz. A coifa da raiz gasta-se pelo atrito com as partículas de solo e é renovada contìnuamente de dentro para fora. Protege a zona vital constituída pela célula inicial.

Os caules, as raízes e as fôlhas dos espermatófitos (plantas com flôres) não possuem células iniciais dêste tipo. Crescem pelas pontas, formadas por um cone de várias camadas de células embrionárias (Fig. 15, E). Nas pontas do cone há várias células iniciais, freqüentemente em camadas sobrepostas. Às vêzes se destacam três camadas: a exterior, denominada *dermatógena* porque produz a epiderme, etc. (gr. *derma* = pele; *gígnomai* = produzir); e por dentro, o *periblema* e o *pleroma*. Em geral é bem difícil distinguir entre periblema e pleroma (gr. *periblema* = invólucro; *pleróo* = encher). O periblema fornece as camadas da casca viva e o pleroma o corpo central dos caules. É interessante notar que as três camadas citadas guardam sua individualidade na enxertia. Acontece às vêzes que o cone vegetativo do galho enxertado se compõe de algumas camadas do tecido do cavalo e de outros do enxêrto. Por exemplo: *Solanum Kœlreuterianum* é um híbrido produzido pelo enxêrto de *Solanum nigrum* em *Solanum lycopersicum*. Os cones vegetativos de *Solanum Kœelreuterianum* apresentam o dermatógeno formado por *Solanum nigrum* e o periblema e o pleroma formados pelo tecido de *Solanum lycopersicum*. Aos híbridos dêste tipo chamamos *quimeras*. Existem vários outros casos semelhantes ao mencionado, com disposição invertida dos tecidos ou com situação mais complexa.

Os *meristemas secundários* são produzidos por tecidos diferenciados que voltam à organização embrionária. Os mais importantes são: o *cilindro cambial* ou *câmbio* e o *felogênio*. Além disto, a rigor, devem ser considerados secundários os meristemas encontrados nas pontas das ramificações dos galhos e das raízes e nos botões foliares de vegetais adultos, apesar de apresentarem a estrutura dos primários. O cilindro cambial ou câmbio encontra-se no interior dos caules e das raízes

das gimnospermas e das dicotiledôneas. Tem forma de capa de cilindro e fomenta o crescimento em espessura dos caules e das raízes. (Compare: *Anatomia dos caules* e *anatomia das raízes.*) Fornece, anualmente, aos caules, uma camada de líber para o lado de fora e outra de lenho para o lado de dentro. Fica entre o líber e o lenho; daí o nome de câmbio. O *felogênio* (gr. *phellós* = cortiça; *gígnomai* = produzir) encontra-se nas camadas interiores da casca de cortiça das demais árvores, etc. Forma placas meristemáticas que renovam e aumentam a armadura de cortiça da planta.

Observação prática. A observação dos meristemas primários deve ser feita de preferência em lâminas preparadas com cortes microtomizados, ou então em pontas de raízes esmagadas, de acôrdo com o 11. §. do Cap. I. Encontram-se meristemas secundários em qualquer seção transversal do caule ou da raiz duma dicotiledônea, p. ex. dum galho de plátano. Usando navalha, as fatias devem ser cortadas com muita precisão; devem ser bem finas e exatamente perpendiculares à direção do galho. Como meio de inclusão, usa-se a solução de cloral hidratado, glicerina ou água. Para facilitar a observação, convém aplicar a solução de floroglicina primeiramente, e depois ácido clorídrico, que dão aos vasos lenhosos destacada côr vermelha. A organização geral dos meristemas pode ser examinada em seções transversais, através duma raiz nova de alho ou através dos caules ou raízes duma planta germinativa de feijão. Obtêm-se plantas germinativas idôneas, fazendo germinar grãos de feijão entre duas fôlhas úmidas de papel mata-borrão, dentro duma caixa fechada. O material deve ser tingido da maneira indicada para a observação da mitose. (Veja multiplicação da célula vegetal.)

3. §. Parênquimas

Parênquimas (gr. *parenchéo* = encher ao lado) pròpriamente ditos são tecidos formados por células vivas, de formas aproximadamente prismáticas regulares, e por membranas celulosas. Em tôdas as arestas das células, isto é, em tôdas as partes onde se tocam três membranas, existem espaços ou meatos intercelulares, oriundos da dissolução parcial da lamela central. Os espaços intercelulares têm forma de pequenos tubos prismáticos. Estão cheios de ar atmosférico ou outros gases e formam um sistema contínuo de ventilação. Na parte celulosa das membranas há, de vez em quando, pequenos poros redondos, denominados *pontuações simples*, atravessados por finos fios plasmáticos, os *plasmodesmos*.

É muito fácil imaginar os passos da diferenciação, necessários para transformar o meristema em parênquima. As células meristemáticas crescem para todos os lados até que alcancem forma prismática regular e o tamanho típico para o

caso especial. Reforçam depois a membrana por uma ou algumas camadas de celulose e dissolvem em tôdas as arestas das células a membrana primitiva, agora denominada lamela central, para darem origem aos espaços intercelulares. Eis o parênquima.

Existem três tipos diferentes de *parênquimas pròpriamente ditos*: o parênquima conjuntivo, o clorofílico e o de reserva.

O *parênquima conjuntivo* é o menos diferenciado (Fig. 16, A). Apresenta células prismáticas regulares, com núcleos, citoplasma, membranas celulosas e espaços intercelulares.

O *parênquima clorofílico* ou *clorofilado* (Fig. 16, B) é um tecido de assimilação. Difere do anterior pela presença de cloroplastos. Os cloroplastos ficam no citoplasma, junto às paredes das células.

O *parênquima de reserva* (Fig. 16, C) caracteriza-se pelas substâncias de reserva armazenadas nas suas células. Geralmente, as células estão repletas de grãos de amilo ou grãos de aleurona.

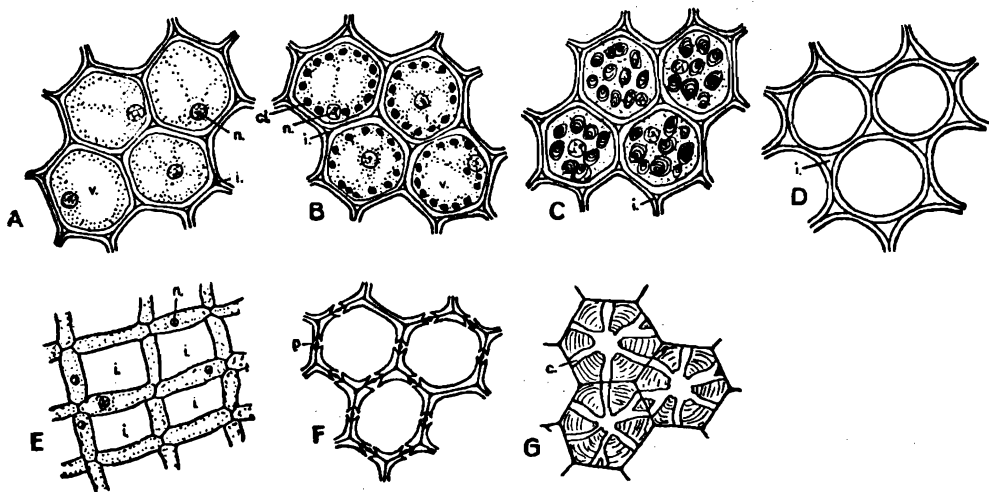



Fig. 16 — Parênquimas. A — Parênquima conjuntivo. B — Parênquima clorofilado. C — Parênquima de reserva. D — Parênquima medular. E — Aerênquima. F — Tecido ou parênquima lenhoso. G — Tecido ou parênquima escleroso. c. = canalículo; cl. = cloroplasto; i. = espaço intercelular; n. = núcleo; p. = pontuação aureolada; v. = vacúolo. Esquematizado. Original.

A aplicação do têrmo parênquima não se limita aos casos acima citados, mas estende-se a certos tecidos diferenciados,

cujos característicos coincidem mais ou menos com os dos parênquimas pròpriamente ditos ou que se derivam dêles diretamente. Eis os mais importantes:

O *parênquima paliçádico* ou *tecido paliçádico* é um caso especial do parênquima clorofilado. As células têm forma cilíndrica, membranas relativamente finas, numerosos cloroplastos e espaços intercelulares grandes. Acham-se dispostas uma paralela à outra, como as paliçadas das fortificações antigas. (Compare: *Anatomia da fôlha*; Fig. 22.)

O *parênquima lacunoso*, também denominado *tecido lacunoso* ou *parênquima esponjoso*, difere do paliçádico pela forma irregular das células componentes. Suas células emitem braços para todos os lados e de maneira irregular. Os espaços intercelulares são tão grandes que formam verdadeiras lacunas entre as células. (Compare: *Anatomia da fôlha*; Fig. 22).

O parênquima clorofilado típico, o tecido paliçádico e o tecido lacunoso são os tecidos de assimilação dos vegetais. O primeiro se encontra em qualquer parte verde duma planta superior inclusive nas fôlhas das samambaias e, desprovido de espaços intercelulares, nos caulóides e talos dos musgos e das hepáticas. Os dois seguintes encontram-se nas fôlhas das Espermatófitas.

Dois outros tipos podem ser derivados do parênquima conjuntivo: o parênquima medular e o aerênquima.

O *parênquima medular* compõe-se de células mortas, vazias, sem núcleo nem citoplasma. Constam de suas membranas, sòmente.

Em geral apresenta espaços intercelulares bem desenvolvidos e em conseqüência disto células mais ou menos esféricas, pouco ligadas entre si (Fig. 16, D). Forma a medula, geralmente branca e muito leve, que existe no centro dos caules de muitos vegetais.

O *aerênquima* caracteriza-se por espaços intercelulares extraordinàriamente grandes e de formas regulares (Fig. 16, E). É um tecido especializado para garantir a ventilação interna da planta. Encontra-se, com freqüência, nos pecíolos das fôlhas flutuantes dos vegetais aquáticos.

Quando as membranas celulares do parênquima pròpriamente dito se lignificam, êste se transforma em tecido lenhoso ou em tecido escleroso. Em conseqüência da impermeabilização das membranas pela lignina, as células perdem o conteúdo vivo e tornam-se células mortas, isto é, vazias.

O *tecido lenhoso* ou *parênquima lenhoso* (Fig. 16, F) é um tecido formado por células prismáticas, regulares, mor-

tas, com membranas lignificadas e espaços intercelulares pequenos ou ausentes. As membranas apresentam pontuações areoladas e não simples como nos parênquimas pròpriamente ditos. *Pontuações aureoladas* ou *areoladas* são pequenas interrupções na camada de lignina; têm forma de cúpulas hemisféricas, perfuradas em cima. O furo, pequeno, vai para o interior da célula. A área coberta pela cúpula está por cima da lamela central. No centro da parte livre da lamela central há um pequeno espessamento denominado *toro*. As pontuações da membrana da célula sempre comunicam com as pontuações das membranas das células adjacentes. As seções transversais de pontuações aureoladas têm o aspecto indicado na gravura. Observadas de cima, apresentam-se sob forma de dois círculos concêntricos. O menor é o furo central e o maior a auréola transparente da área basal. O orifício externo da pontuação pode ter forma de fenda em vez da forma circular. As fendas de pontuações opostas, em células vizinhas, costumam estar cruzadas. O tecido lenhoso dá maior resistência mecânica aos órgãos dos vegetais e participa na condução da seiva bruta. Faz parte da madeira.

O *tecido escleroso* é o mais duro de todos os tecidos vegetais. As células componentes (Fig. 16, G) são prismáticas, regulares, mortas. As membranas são reforçadas por numerosas camadas concêntricas de lignina, as quais enchem quase todo o lúmen das células. Na lignina encontramos canalículos que devem ter servido de vias de adução para a matéria-prima necessária à sua formação.

Em certos casos, por exemplo nos caules dalguns cipós, ocorre ainda uma variante do tecido escleroso, composto por células de membranas fortemente esclerosadas e que desenvolveram braços irregulares para os lados. Tais células costumam formar pequenas ilhas pesadas e de extrema dureza nos outros tecidos. São denominadas *astro-escleritos* (gr. *astér* = estrêla). Em face das suas propriedades físicas, alguns autores alemães dão às células do tipo escleroso a denominação de *Steinzellen*, isto é, células de pedra.

Observação prática.

1) Parênquima conjuntivo: observa-se em seções transversais dos caules da tiririca, numa lâmina com água. A tiririca (*Cyperus rotundus*, *Cyperus brasiliensis* e outras) é uma Ciperácea muito comum, semelhante ao capim, porém com caules de contornos triangulares.

2) Parênquima clorofilado: no mesmo objeto que o anterior, nas camadas abaixo da epiderme .

3) Parênquima de reserva: pode ser observado nos tubérculos da

batata-inglêsa (*Solanum tuberosum*). É preciso cortar uma finíssima fatia e observá-la numa lâmina com água.

4) Parênquima paliçádico e parênquima lacunoso: façam-se alguns cortes transversais, bem finos, através da fôlha da arruda (*Ruta graveolens*) e observem-se as fatias numa lâmina com cloral hidratado, água ou glicerina. É conveniente aquecer o preparado para expulsar as bôlhas de ar contidas nos meatos intercelulares.

5) Parênquima medular: pode ser observado na medula de qualquer caule, p. ex., no caule do girassol (*Helianthus annuus*). Corta-se uma fatia fina que se observa numa lâmina com água. Convém aquecer o preparado para expulsar as bôlhas de ar nêle existentes.

6) Aerênquima: nos pecíolos das fôlhas flutuantes de plantas aquáticas, como os nenúfares e certos aguapés. Procede-se de maneira análoga à dos casos anteriores.

7) Tecido lenhoso: pode ser observado em seções transversais de qualquer madeira. Para facilitar a observação, convém aplicar o reagente de reconhecimento da lignina: floroglicina e ácido clorídrico. Como meio de inclusão, usar água ou glicerina.

8) Tecido escleroso: nas seções transversais dos caules duros dos cipós, nas cascas duras de frutos e sementes. Tratar com floroglicina e ácido clorídrico, como no caso anterior.

Tôdas as observações acima indicadas podem fazer-se com vantagem, usando aumentos microscópicos de 200 - 400 x. Na execução dos cortes de madeira dos itens 7) e 8), convém cozinhá-la em água a 100°, durante 10 - 20 minutos, a fim de torná-la mais macia.

4. §. Colênquimas

Colênquimas (gr. *kolla* = cola, refôrço; *enchéo* = encher) são tecidos de resistência, semelhantes aos parênquimas, formados por células vivas com núcleos e citoplasmas e, às vêzes, plastídios. São dotados de capacidade de crescimento. As células componentes apresentam formas prismáticas alongadas e membranas parcialmente reforçadas por camadas de celulose mais ou menos espêssas. Êstes reforçamentos constituem o principal característico dos colênquimas anelares, angulares, tabulares (Fig. 17). Pode haver espaços intercelulares.

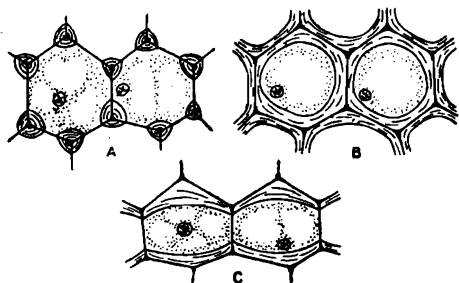



Fig. 17 — A — Colênquima angular.
B — Colênquima anelar.
C — Colênquima tabular.

Os colênquimas podem ser encontrados nos caules novos e, de preferência, nos pecíolos das fôlhas. Parece que contribuem para a iluminação interna dos órgãos, agindo como refletores.

Observação prática. Bom material para a observação de tecidos colenquimáticos fornecem os caules e os pecíolos das fôlhas da begônia (*Begonia cucullata* e outras espécies). O material pode ser cortado por meio da navalha e observado em lâminas com água. Para compreender integralmente êste tipo de tecido vegetal deve-se observar seções transversais e seções longitudinais. Nas seções transversais aparecem semelhantes à da gravura; nas longitudinais, as células aparecem alongadas e com as pontas obtusas, igual aos parênquimas.

5. §. Esclerênquima

O *esclerênquima* (gr. *sklerós* = duro) é o tecido de resistência pròpriamente dito. É formado por células mortas, muito compridas e pontiagudas. As membranas são grossas, reforçadas por celulose ou lignina e apresentam pontuações simples (Fig. 18). Em geral, as células esclerenquimáticas formam feixes compridos que atravessam os órgãos dos vegetais, como as vigas de ferro nas construções de cimento armado. Êstes feixes, denominados *fibras esclerenquimáticas*, podem alcançar 20-50 cm de comprimento. As fibras esclerenquimáticas formadas por células com membranas celulosas são aproveitadas como fibras têxteis. As fibras de células lignificadas não servem para a fiação e a tecelagem, pois a lignina é demasiadamente quebradiça.

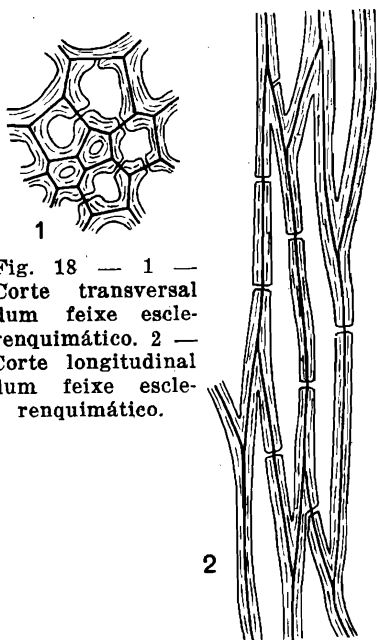



Fig. 18 — 1 — Corte transversal dum feixe esclerenquimático. 2 — Corte longitudinal dum feixe esclerenquimático.

Observação prática. Muitas fôlhas e caules vegetais superiores apresentam fibras esclerenquimáticas. Para o estudo macroscópico, podem servir as fibras compridas das fôlhas das palmeiras e das fôlhas da vela-da-pureza (*Yucca gloriosa* e *Yucca filamentosa*). Bom material para o estudo microscópico fornece o caule triangular da já citada tiririca. Na periferia do caule, intercalados no tecido parenquimatoso, aparecem

feixes esclerenquimáticos. Observados em seções transversais, apresentam células de diâmetros desiguais (Fig. 18, 1). As células, porventura atingidas perto de suas pontas, apresentam-se menores que as cortadas pelo meio. No caso em aprêço, pela ação da floroglicina e do ácido clorídrico tomam uma coloração côr-de-rosa, o que indica leve lignificação das membranas.

6. §. Tecidos de condução

Nos vegetais superiores a seiva é conduzida para as diversas partes do organismo através de células especializadas: os tecidos de condução. A seiva bruta circula através de células denominadas *vasos lenhosos*. A seiva elaborada circula nos chamados *tubos crivados*. O conjunto dos vasos lenhosos denomina-se: *lenho, xilema* ou *hadroma* (gr. *xylon* = madeira; *hadrós* = rijo). O conjunto dos tubos crivados chama-se: *líber, floema* ou *leptoma* (lat. *liber* = casca de árvore, fibra; gr. *phloiós* = o mesmo que líber; gr. *leptós* = delicado).

Os vasos lenhosos são tubos celulares mais ou menos compridos, formados por células mortas com membranas parcialmente lignificadas. Um vaso lenhoso, composto de uma única célula, fechada em ambas as extremidades por membranas transversais, denomina-se *traqueídeo;* um vaso lenhoso composto de várias células consecutivas cujas membranas transversais foram dissolvidas, denomina-se *traquéia.*

Às vêzes, são sòmente em parte dissolvidas, apresentando aberturas escalariformes ou de outro tipo.

A estrutura dos vasos lenhosos pode ser interpretada funcionalmente. Precisam ser compridos para diminuir a resistência ao transporte da seiva. A resistência ao transporte da seiva encontrada num vaso de 1 m de comprimento, equivale à resistência oferecida por uma camada de citoplasma de 1 micro de espessura. Em vista disso, seria irrealizável o transporte da seiva através de tecidos parenquimáticos por uma distância maior. Seria lenta demais.

A lignificação parcial das paredes visa duas vantagens: evita a compressão dos elementos de condução, sem obstruir por completo a condução da água para os elementos laterais. Os vasos lenhosos, como células mortas, não possuem turgor. Se não fôssem escorados pela estrutura interna de lignina, seriam esmagados pela pressão das células vivas, turgentes, circunvizinhas.

Os diversos tipos de vasos surgem no vegetal numa determinada seqüência. Nas partes dos caules e das raízes que ainda crescem em sentido longitudinal aparecem os vasos com reforços anelados e depois espiralados. Ambos podem alongar-se bastante, antes de sofrerem ruptura da estrutura rígida dos seus reforços de lignina (Fig. 19, a-d).

Nos órgãos adultos da planta, isto é, nas partes que não se alongam mais, formam-se vasos de estrutura diferente. Sua membrana é coberta por uma camada quase contínua de lignina.

As aberturas na camada de lignina e que permitem a condução lateral da seiva podem ser pontuações simples (Fig. 19, e-j) ou areoladas (Fig. 19, f-k).

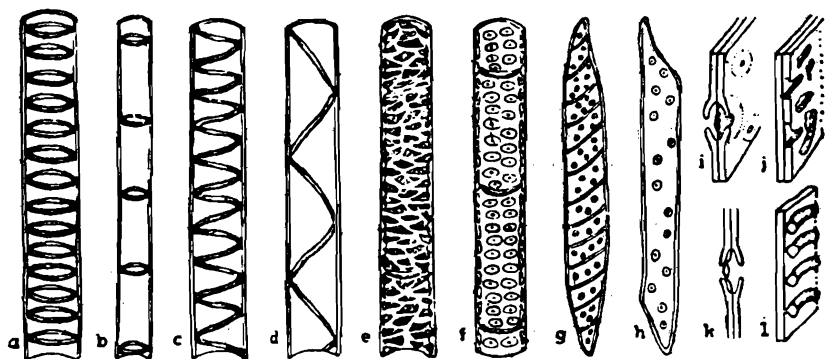



Fig. 19 — Vasos lenhosos. a — Vaso anelado, nôvo. b — Vaso anelado alongado pelo crescimento. c — Vaso espiralado nôvo. d — Vaso espiralado alongado pelo crescimento. e — Vaso reticulado. f — Vaso com pontuações areoladas. g — Traqueídeo com reforços espiralados. h — Traqueídeo, típico das Coníferas. i — Membrana com pontuações areoladas. j — Membrana com pontuações simples. k — Corte através duma pontuação areolada, o toro fechando o orifício externo, esquerdo. 1 — Membrana dum vaso anelado. Esquematizado.

As *pontuações simples* podem apresentar-se mais ou menos irregularmente distribuídas (vaso reticulado) ou raras vêzes, aparentando os degraus de uma escada (vaso escalariforme).

As *pontuações areoladas* (Fig. 19, i) possuem organização complexa. Um pequeno orifício externo, redondo ou alonga-

do, conduz a uma cúpula maior cuja base é formada pela membrana original da célula. Também nesta membrana basal existe uma pequena área central, lignificada, denominada *toro*.

As pontuações das membranas de células vizinhas costumam comunicar umas com as outras.

Quando existe diferença de pressão em dois vasos, o toro é impelido para o orifício externo do vaso de pressão menor, fechando a pontuação ao fluxo da seiva (Fig. 19, k).

Os *tubos crivados* são células vivas, enquanto novas; e mortas quando velhas. Caracterizam-se pelas perfurações porosas encontradas nas membranas transversais e, às vêzes, nas laterais (Fig. 20). Os poros, observados de cima, apresentam-se semelhantes aos duma peneira fina ou crivo. As membranas dos tubos crivados são celulosas e relativamente grossas. Parece que a morte do citoplasma e do núcleo nos tubos crivados velhos não acarreta mudança na função dos condutores da seiva elaborada. São quase sempre acompanhados por pequenas células vivas, denominadas *células-anexas*.

Fig. 20 — 1 — Corte longitudinal de parte de dois tubos crivados. 2 — Membrana transversal dum tubo crivado, visto de cima; c. a. = célula-anexa; cr. = crivo; m. = membrana; n. = núcleo; p. = poro; pr. = protoplasma.

Os vasos lenhosos e os tubos crivados estão sempre reunidos em feixes compridos, denominados *feixes liberolenhosos*. Se os feixes liberolenhosos se acham envolvidos por uma bainha de esclerênquima passam a chamar-se *feixes fibrovasculares*.

Os feixes liberolenhosos dividem-se em abertos e fechados. Os *feixes liberolenhosos abertos* (Fig. 21, 4 e 5) são atravessados por uma faixa do cilindro cambial (meristema secundário). Nos *feixes liberolenhosos fechados* (Fig. 21, 1, 2 e 3) não há meristema. Os feixes abertos podem ser colaterais ou bicolaterais. Os *feixes abertos colaterais* (Fig. 21, 4) apresentam o líber num lado do meristema e o lenho no outro. Os *feixes abertos bicolaterais* (Fig. 21, 5) apresentam, num dos lados do meristema, líber e lenho e no outro, sòmente lenho.

Os *feixes fechados* podem ser concêntrico-leptocêntricos, concêntrico-hadrocêntricos ou radiais. Nos *feixes concêntrico-hadrocêntricos* (Fig. 21, 1), há uma coluna central de lenho rodeada por um cilindro de líber; a disposição dos *feixes concêntrico-leptocêntricos* é contrária (Fig. 21, 2). O líber fica no centro e é rodeado pelo lenho. Os *feixes radiais* (Fig. 21, 3) apresentam como centro um prisma de base estrelada formado pelo lenho e entre cujos braços ficam os feixes liberianos. São típicos para raízes.

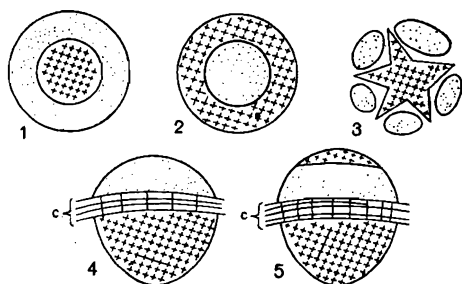



Fig. 21 — Esquema da distribuição de lenho e líber nos diversos tipos de feixes libero-lenhosos; pontuado = líber, cruzado = lenho, c. = câmbio. 1. feixe concêntrico-hadrocêntrico. 2. feixe concêntrico-leptocêntrico. 3. feixe radial. 4. feixe colateral aberto. 5. feixe bicolateral, aberto.

Além dos vasos lenhosos e dos tubos crivados existem em muitos vegetais os chamados *vasos laticíferos*, destinados à condução do látex. *Látex* é um suco leitoso, mais ou menos viscoso e branco. Os condutos laticíferos são sempre muito ramificados e compridos. Conforme sua origem, dividem-se em condutos articulados e não articulados. Os condutos articulados originam-se duma fileira de células meristemáticas que se fusionam logo no início do desenvolvimento, dissolvendo-se as membranas transversais. Os condutos não articulados descendem duma célula que se prolonga. Muitas vêzes se nota fusão entre diversos vasos laticíferos já formados (anastomoses). Outras vêzes são constituídos por espaços intercelulares alargados.

Observação prática. Os demais tipos de vasos lenhosos podem ser observados nos galhos de árvores ou até em caules herbáceos de vegetais floridos. Para a observação de vasos areolados é indicada a madeira de pinho. Convém examinar seções transversais e longitudinais e tingi-las com algumas gôtas de ácido clorídrico e floroglicina, para realçar as partes lignificadas. As madeiras devem ser cozidas em água antes de secionadas, pois, em estado natural, são tão duras que prejudicam o fio da navalha. Os meios de inclusão adequados são a glicerina e a água. Basta um aumento de 200 - 400 x no microscópio.

Ótimo material para estudar os tubos crivados fornecem as Cucurbitáceas, como o chuchu (*Sechium edule*), o pepino (*Cucumis sativus*), a abóbora (*Cucurbita pepo*), etc. A parte mais apropriada é a região do caule, um ou dois metros abaixo da ponta. Os cortes, feitos a na-

valha, podem ser tingidos por meio de azul de metileno e observados em glicerina ou água. Os crivos das membranas transversais aparecem também nitidamente sem coloração artificial.

Feixes liberolenhosos fechados e feixes fibrovasculares encontram-se com facilidade nos cortes transversais do caule da inflorescência da tiririca. Feixes liberolenhosos abertos há nos caules de tôdas as dicotiledôneas. A arruda e o plátano têm feixes colaterais; o chuchu, feixes bicolaterais. Para reconhecimento da lignina convém aplicar o reagente e observar em água ou glicerina.

7. §. Anatomia da fôlha

Anatômicamente há nas fôlhas dos vegetais superiores feixes fibrovasculares, feixes liberolenhosos, feixes esclerenquimáticos, colênquima e mesofilo.

Os feixes fibrovasculares e liberolenhosos formam pecíolo e nervuras. Fôlhas duras apresentam reforçamentos de feixes esclerenquimáticos e colênquima. *Mesofilo*, a parte mais característica da fôlha, é a porção da lâmina ou das estípulas compreendida entre as nervuras. Para compreender fisiològicamente a organização anatômica das fôlhas, não se deve esquecer que são os principais órgãos da alimentação (fotossíntese) e transpiração dos vegetais.

A superfície das fôlhas é coberta por um tecido denominado epiderme. O *mesofilo*, compreendido entre as duas epidermes,

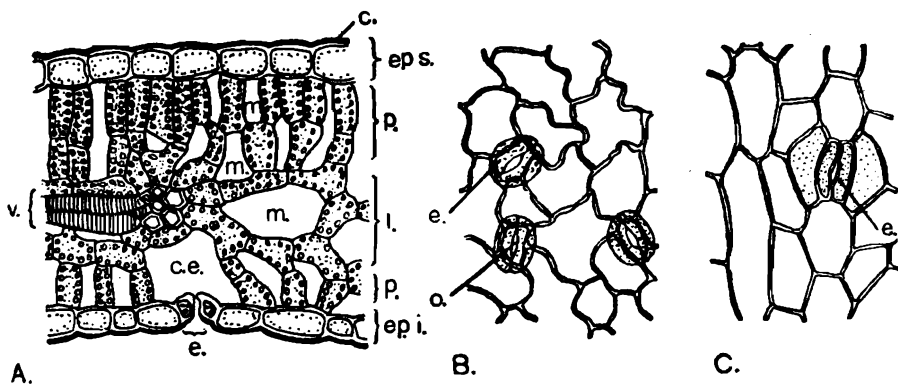



Fig. 22 — A — Corte transversal através do mesofilo duma fôlha da arruda (*Ruta graveolens*). B — Epiderme da fôlha da arruda. C — Epiderme da fôlha da vela-da-pureza (*Yucca filamentosa*). c — cutícula; c. e. — câmara estomática; e. — estoma; ep. — epiderme; l — tecido lacumoso; m. — meato intercelular; o. — ostíolo; p. — tecido paliçádico; v. — vasos lenhosos. 300 x. Orig.

consta de várias camadas de tecido paliçádico e lacunoso, às vêzes também de parênquima clorofilado. A disposição e o número destas camadas variam conforme o caso especial. Na parte superior do lado ventral existem, freqüentemente, algumas camadas de tecido paliçádico, e, embaixo, no chamado lado dorsal, tecido lacunoso, seguido por estreita camada de tecido paliçádico. (Fig. 22, A). O tecido paliçádico é mais rico em cloroplastos que o lacunoso. Quando as fôlhas se encontram iluminadas diretamente pelo sol, verifica-se que os plastídios nas células do tecido paliçádico ocupam as membranas verticais. Nestes lugares reina luz difusa que parece ser a mais vantajosa para a realização da fotossíntese. Quando as fôlhas estão na sombra, ocupam os cloroplastos as membranas horizontais, diretamente expostas à luz. No tecido lacunoso não se nota tão nìtidamente a migração dos plastídios.

A *epiderme* é um tecido protetor. Regula a ventilação e defende a planta contra a exsicação. É formada por células vivas, de contornos regulares, com membranas celulosas e poucos ou nenhum cloroplasto. A parte de fora das membranas exteriores é coberta por uma película de cutina, denominada cutícula (Fig. 22, A. c.). A cutícula é impermeável enquanto sêca e evita a transpiração demasiada. A epiderme compõe-se de uma única camada de células. As membranas verticais destas células são retilíneas nas fôlhas de mesofilo duro e resistente (Fig. 22, C.), e curvilíneas nas fôlhas de mesofilo mais macio (Fig. 22, B.). A forma curvilínea das membranas proporciona à epiderme maior rigidez. Êste fato é fácil de comprovar, sujeitando às mesmas condições uma fôlha de papel ou cartolina. A fôlha simples, retilínea, comporta menos pêso que a fôlha curvilínea. As epidermes das fôlhas e das partes verdes dos caules não são contínuas, pois neste caso não poderiam exercer a importante função de contrôlar a ventilação do interior dos órgãos vegetais. São interrompidas por aberturas microscópicas, chamadas *estomas* (gr. *stoma* = bôca). (Fig. 22, A, B, C .e.) Os estomas são compostos de duas células, geralmente clorofiladas e mais ou menos reniformes, denominadas *células-de-guarda*. A lamela central, entre estas duas células, é parcialmente dissolvida, formando um pequeno poro, denominado *ostíolo* (lat. *óstium* = bôca). Abaixo do estoma, no interior da fôlha, ou no caule, há um meato intercelular maior, denominado *câmara estomática* (Fig. 22, A. ce.). As fôlhas e os caules dos vegetais são arejados no interior pelo sistema dos espaços intercelulares que comunicam com as câmaras estomáticas e os ostíolos dos estomas. As células clorofiladas do

estoma são capazes de abrir ou fechar o ostíolo, de acôrdo com as necessidades do vegetal. Quando as condições para a fotossíntese se tornam desvantajosas, produzem pouco açúcar. O turgor do protoplasto diminui e as células tornam-se frouxas e compridas. Fecham o ostíolo (Fig. 23, A.). Em condições favoráveis à realização de fotossíntese, produzem muito açúcar. O turgor aumenta e as células arredondam-se. Tornam-se mais curtas e abrem o ostíolo (Fig. 23, B). Experiências demonstraram que o efeito máximo da ventilação produzida pelos ostíolos abertos duma fôlha inteira, equivale ao valor dum plano aberto da extensão da epiderme. A forma e o tamanho ínfimo dos ostíolos produzem correntes de ar comparáveis, talvez, ao efeito de HUYGENS, observado na passagem dum feixe de luz através de uma fenda pequena.

Fig. 23 — Estoma dum esporogônio dum musgo (*Mnium*). A — Fechado. B — Aberto. (Esquematizado seg. HABERLANDT.)

A estrutura dos estomas varia muito no reino vegetal. A forma das células-de-guarda é alongada e dotada de terminais redondos em muitas monocotiledôneas (tipo gramíneo).

Nas dicotiledôneas, costuma ser mais ou menos reniforme. Os estomas podem estar no nível da epiderme ou mais ou menos submersos, formando então uma *antecâmara estomática*.

Muitas vêzes há ao lado ou ao redor dos estomas, células, que diferem do resto da epiderme pela forma, pela estrutura das membranas ou pela densidade do citoplasma. O número e a disposição destas *células-anexas* é muito importante para a classificação do estoma, pois, baseados nesta observação, vários autores tentaram distribuir os estomas entre determinado número de tipos. Até hoje, porém, não existe unanimidade a respeito.

Além dos estomas acima descritos, existem os *estomas aqüíferos* ou *hidátodos* (gr. *hydor* = água; *hodós* = caminho) que servem para a secreção ativa do excesso de água. Encontram-se nas fôlhas e nos caules de plantas das regiões muito úmidas, pântanos, etc.

Observação prática. As fôlhas de arruda (*Ruta graveolens*) fornecem bom material para o estudo da estrutura microscópica das fôlhas. Para cortá-las com a navalha, sobrepõem-se várias fôlhas. Firma-se entre dois pedaços de medula de girassol ou estiropor e corta-se tudo.

As seções obtidas devem ser observadas em cloral hidratado, água ou glicerina. O mesofilo mostra a composição seguinte: em cima, uma epiderme com cutícula e poucos estomas, depois duas camadas de tecido paliçádico, uma de tecido lacunoso; embaixo, outra de tecido paliçádico ralo. A epiderme inferior apresenta cutícula e muitos estomas. Além disto, há no interior das fôlhas células com cristais de oxalato de cálcio e condutos de mucilagem. Para observações correspondentes à Fig. 22 B e C prestam-se muito bem as fôlhas da escadinha-do-céu do jardim (*Nephrolepis cordifolia*) e *Agave americana*. A primeira deve ser cortada a navalha dobrando a fôlha sôbre o dedo; da segunda arranca-se a epiderme com um canivete. Observação em água.

Estomas aqüíferos podem ser encontrados nas fôlhas do Chagas maior (*Tropæolum majus*) e nas pontas da lâmina foliar de muitos capins. Ambos os exemplos eliminam gôtas de água em época de umidade excessiva (compare: *gutação*).

8. §. Pêlos da epiderme

A epiderme tanto das fôlhas como dos caules e das raízes quase sempre é provida de maior ou menor número de pêlos, produzidos pelas próprias células epidérmicas. Os pêlos podem ser unicelulares ou pluricelulares e apresentam formas as mais variadas. De acôrdo com a sua função podem ser divididos em pêlos de proteção, pêlos de absorção, pêlos de fixação, pêlos glandulares e pêlos de defesa. São formados, geralmente, por células vivas.

Os *pêlos de proteção* podem ser fios unicelulares ou pluricelulares, simples ou espiralados, podem ser fios ramificados, escamas e papilas (Fig. 24, 1 e 2). As ramificações podem assumir forma de estrêlas. Todos êstes pêlos servem para diminuir a transpiração através da epiderme. Protegem contra a exsicação. Além disto, determinam o aspecto característico da superfície dos órgãos dos vegetais, que aparece sedoso, veludoso, etc., de acôrdo com a disposição, estrutura e número dos pêlos epidérmicos. Os pêlos mais compridos nas sementes e frutos podem servir de órgãos de locomoção por intermédio do vento.

Os *pêlos de absorção* podem ser fios unicelulares ou pluricelulares com membranas de celulose simples sem cutícula (Fig. 24, 3). Encontram-se na região pilífera das raízes. Nas raízes terrestres penetram entre as partículas de terra às quais se ligam ìntimamente para sugar a seiva. O processo da absorção da água (seiva) é um fenômeno osmótico. Os pêlos podem absorver seiva do solo sòmente enquanto a concentração molecular do seu suco celular seja maior que a concentração molecular das substâncias dissolvidas na água do solo.

Em certas plantas epifíticas cujas raízes não atingem o solo são substituídos por pequenas escamas pediceladas na epiderme das fôlhas.

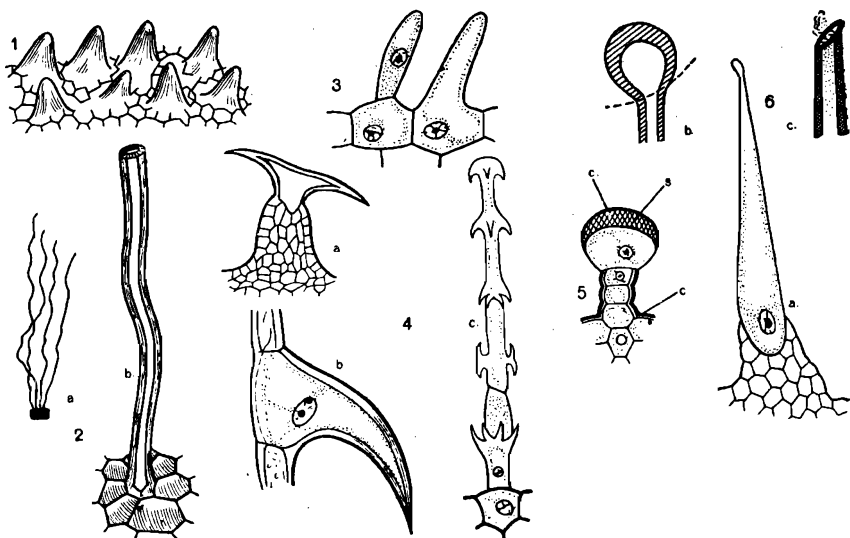



Fig. 24 — 1 — Pêlos papilosos da epiderme das pétalas do amor-perfeito (*Viola tricolor*). Seg. SCHENK. (250 x). 2 — Pêlos filiformes da semente de algodão; a. vários pêlos; b. parte dum pêlo visto com maior aumento (250 x). Seg. STRASSBURGER. 3 — Pêlos absorventes da epiderme duma raiz. 4 — Pêlos de fixação; a. *Humulus lupulus;* b. *Galium aparine;* c. *Loasa hispida.* Seg. HABERLANDT; 5 — Pêlo de secreção de *Pelargonium zonale*; c. cutícula; s. secreto. Seg. HABERLANDT; 6 — Pêlos de defesa da urtiga; a. pêlo inteiro; b. ponta não quebrada do pêlo com maior aumento; c. idem depois de contato com um agressor. Seg. HABERLANDT.

Os *pêlos de fixação* servem para prender ao seu substrato as fôlhas, galhos ou raízes das trepadeiras. Podem ser unicelulares ou pluricelulares. Às vêzes apresentam pontas rijas e agudas que penetram na superfície do substrato (Fig. 24, A); outras vêzes adaptam suas pontas à superfície do substrato e funcionam como ventosas.

Os *pêlos glandulares* podem encontrar-se nas fôlhas e nos caules de muitas plantas aromáticas. São pluricelulares (Fig. 24, 5). Uma ou algumas de suas células segregam a substância (óleo) aromática que é armazenada entre a cutícula e a membrana celulosa das células secretoras. As propriedades terapêuticas de muitas plantas medicinais provêm das secreções dos pêlos glandulares.

Por *pêlos de defesa* entendem-se todos os pêlos que, de maneira ativa, protegem o vegetal contra os animais herbívoros. Podem ser unicelulares ou pluricelulares. Nos casos mais simples são duros e pontiagudos, dando ao órgão do vegetal uma superfície áspera, dasagradável ao contato. Em outros casos segregam substâncias tóxicas ou pegajosas, capazes de prender ou matar insetos pequenos. O exemplo mais característico e diferenciado oferece a epiderme das urtigas (várias espécies do gênero: *Urtica*). Os pêlos da epiderme das urtigas são pluricelulares (Fig. 24, 6). Na sua base existem numerosas células pequenas que segregam uma substância venenosa — uma mistura de histamina e acetilcolina — para o interior duma célula maior. Esta célula maior, situada por sôbre outras, tem forma de ampola com ponta. As membranas na base da ampola são calcificadas, na ponta são silicificadas. A ponta está fechada por uma bola muito pequena que quebra ao mais leve contato e expõe uma agulha bem afiada (Fig. 24, 6, b e c). A ponta desta agulha penetra na pele do agressor e, pela própria pressão resultante do contato, injeta uma certa quantidade do ácido da ampola. Esta injeção de ácido pode causar queimaduras bem desagradáveis, motivo por que as urtigas são poupadas pelos animais e tratadas com cautela pelos homens.

Observação prática. Quase todos os chás medicinais, à venda nas nossas drogarias, compostos de vários vegetais, contêm fragmentos da epiderme de fôlhas e caules com diversos tipos de pêlos. Quase sempre há pêlos glandulares e de proteção; às vêzes, pêlos de fixação. O meio de inclusão mais vantajoso para a observação microscópica dêste material é uma solução de cloral hidratado. Na falta dêste, pode usar-se água ou glicerina. De maneira geral, a observação da forma dos pêlos encontrados nas partículas dum chá ou de outra droga de origem vegetal fornece valiosos subsídios para sua identificação fármacognóstica. Escamas interessantes podem ser raspadas em abundância da face inferior das fôlhas da carne-de-vaca (*Styrax leprosum*).

Para nìtidamente observar pêlos de absorção, faz-se germinar sôbre mata-borrão úmido um grão de feijão ou outra semente qualquer. Raspam-se os pêlos da região pilífera da raiz primária. A observação deve ser feita ao microscópio numa lâmina com água.

Tiram-se pêlos de defesa, do caule ou das fôlhas da urtiga, por meio de raspagem ou, melhor, executando uma seção tangencial. A observação deve ser feita de preferência numa lâmina com água, como no caso anterior.

9. §. Anatomia do caule

A estrutura anatômica dos caules caracteriza-se pela dis-

tribuição dos elementos de condução. Difere de acôrdo com a posição do vegetal no sistema natural.

Os caules das *dicotiledôneas* e *gimnospermas* constam de duas partes, fàcilmente separáveis uma da outra por meios mecânicos. A parte exterior, um cilindro ôco, mais ou menos mole e parcialmente verde, denomina-se casca. A parte interna é um cilindro sólido, mais ou menos lenhoso, denominado cilindro central ou corpo central. A estrutura destas partes modifica-se a partir do segundo ano de vida. Por isto, nos referidos caules, se distingue entre estrutura primária e secundária. Por estrutura primária compreende-se a estrutura do caule de mais ou menos um ano de idade; por estrutura

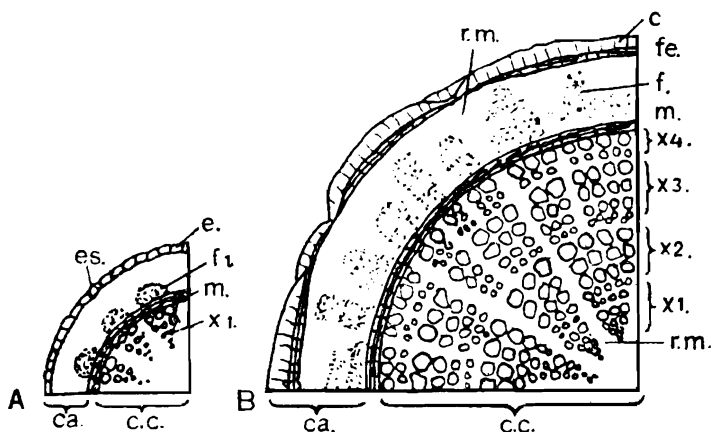



Fig. 25 — Estrutura anatômica dos caules das dicotiledôneas e gimnospermas. A — Estrutura primária. B — Estrutura secundária; c. = cortiça; ca. = casca; c. c. = corpo central; e. = epiderme; es. = estoma; f. = líber ou floema; m. = câmbio (meristema); x1. = lenho ou xilema do primeiro ano; x2. = lenho do segundo ano; x3. = lenho do terceiro ano; x4. = lenho do quarto ano. Esquema.

secundária, a do caule de dois ou mais anos de idade. O limite entre a casca e o corpo central, tanto na estrutura primária como na secundária, é formado por uma zona de tecido embrionário (meristema secundário) chamado *câmbio* ou *cilindro cambial*, devido à sua forma de cilindro ôco. O corpo central dos caules de um ano de idade (Fig. 25, A) apresenta os vasos lenhosos caracterìsticamente reunidos em feixes, situados na margem interior do cilindro cambial. Em outros casos existe um cilindro lenhoso contínuo e, então, desde o início não há feixes lenhosos separados. O resto do

corpo central é formado por parênquimas, tecidos de resistência, etc. Na casca encontramos os tubos crivados, reunidos em feixes opostos aos lenhosos no outro lado do cilindro cambial. O conjunto dum feixe liberiano e dum feixe lenhoso inclusive a parte de câmbio que os separa, denomina-se *feixe liberolenhoso aberto*. Por fora, a casca é limitada por uma epiderme com estomas. Entre a epiderme e os feixes liberianos há tecidos parenquimatosos, colênquimas, esclerênquimas, etc. Alguns caules apresentam uma camada cilíndrica de parênquima de reserva. Suas células estão repletas de grãos de amilo. É chamada *endoderma*. Mas, não deve ser confundida com o endoderma pròpriamente dito, encontrado na casca das raízes. (Compare: *Anatomia da raiz.*) Às vêzes, há também vasos laticíferos e condutos, para outras secreções. Do segundo ano de vida em diante, modifica-se a estrutura em virtude da atividade do câmbio (Fig. 25, B). O câmbio forma cada ano uma camada adicional de vasos lenhosos para o corpo central e uma de tubos crivados para a casca. A maior parte dos parênquimas do corpo central transforma-se em parênquima lenhoso e fibras. O diâmetro aumenta anualmente. Os vasos lenhosos produzidos na época do ano mais favorável ao crescimento, são de calibre mais grosso (lenho da primavera) que os vasos lenhosos formados na época de crescimento reduzido (lenho de outono). Disto resultam zonas mais claras e zonas mais escuras, que dão origem à estriação das madeiras. O conjunto da zona clara e da escura subseqüente é o que chamamos de *anel anuário* e corresponde ao acréscimo de espessura do caule no espaço de um ano ou de um período de crescimento. A contagem do número de anéis anuários, encontrados no corte transversal, sólido, de um tronco de árvore, pode revelar a idade do vegetal. Entre os vasos lenhosos conservam-se algumas células parenquimáticas que crescem em sentido radial. Os chamados *raios medulares* (Fig. 25 e 26, B, C, D e E) são feixes destas células. Os raios medulares comunicam entre o centro do caule e a casca. Estendem-se através do câmbio até a casca da cortiça, onde terminam por *lenticelas* (Fig. 26, F e G). Fazem parte do sistema de ventilação do caule. Ao mesmo tempo que se dão estas modificações da estrutura do corpo central, aumentam também os tubos crivados. As zonas de acréscimo anual são menos visíveis que no lenho. A epiderme ou as camadas subepidérmicas e, nos caules mais velhos, os tubos crivados mais antigos se transformam num meristema secundário denominado *felogênio* (gr. *phélos* = cortiça; *gígnomai* = produzir). O felogê-

nio encontra-se irregularmente distribuído em redor do caule. Produz placas de cortiça que racham e caem com o aumento do diâmetro do caule, pois o aumento de diâmetro determina aumento de circunferência, e a cortiça é um tecido morto de células com as membranas completamente suberificadas. Não possui possibilidade de crescimento. A cortiça caracteriza-se pela disposição regular de suas células em fileiras radiais, à medida que são produzidas pelo felogênio (Fig. 26, A).

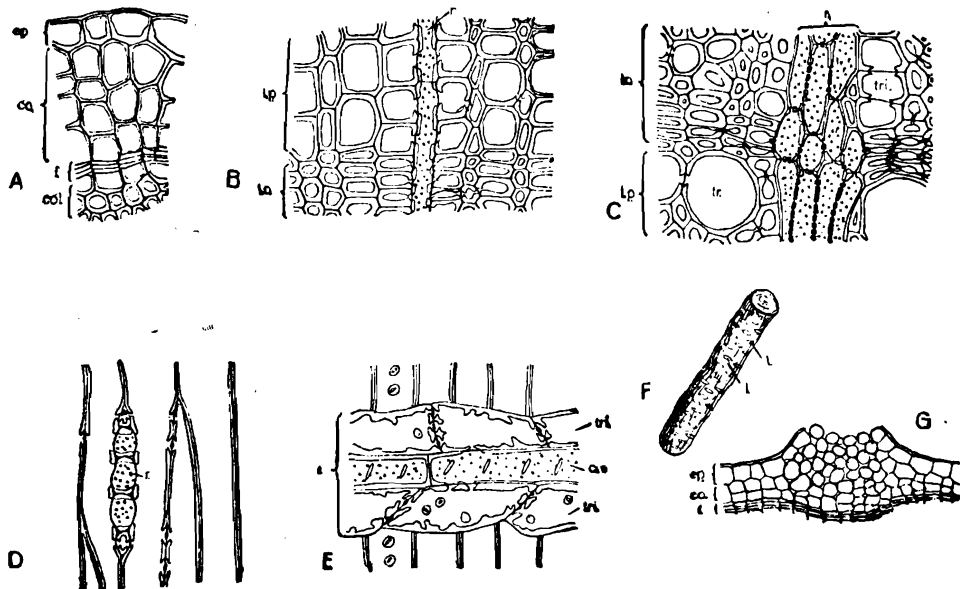



Fig. 26 — A — Estrutura da cortiça na casca dum caule. B. — Corte transversal da madeira do pinheiro europeu (*Pinus silvestris*). C — Corte transversal da madeira duma dicotiledônea (*Liriodendron tulipifera*). D — Corte longitudinal-tangencial da madeira do pinheiro europeu. E — Corte longitudinal-radial da madeira do pinheiro europeu. F — Galho com lenticelas (tam. nat.). G — Corte longitudinal duma lenticela. co. = cortiça; col. = colênquima; c. v. = célula viva dum raio medular; ep. = epiderme; f. = felogênio; l. = lenho do outono; l. p. = lenho da primavera; r. = raio medular; tr. = traquéia; tri. = traqueídeo. (400 x aproximadamente, exceto F.) Original.

Os caules das gimnospermas e das dicotiledôneas diferem entre si pela estrutura microscópica da madeira. A madeira encontrada no corpo central das gimnospermas aparece num corte transversal à maneira de parênquima lenhoso. É composta de traqueídeos e não contém traquéias. (Fig. 26, B). Os feixes liberolenhosos são colaterais abertos.

A madeira das dicotiledôneas é menos uniforme. Na observação dum corte transversal ressalta a desigualdade do tamanho dos vasos lenhosos componentes (Fig. 26, C). São traquéias e traqueídeos de todos os tipos. Os feixes liberolenhosos são colaterais ou bicolaterais abertos.

A estrutura acima descrita pode servir de padrão para a estrutura anatômica dos caules das gimnospermas e da maioria das dicotiledôneas, salvo certos representantes das famílias das *Bignoniáceas*, *Aristoloquiáceas*, *Sapindáceas*, *Menispermáceas*, *Quenopodiáceas*, *Amarantáceas*, *Nictagináceas*, etc., nas quais diverge pela formação de várias zonas meristemáticas ou outras irregularidades.

Às vêzes observa-se, nos troncos das árvores adultas, uma diferenciação da madeira numa parte central, mais escura, denominada *cerne* e numa periférica, mais clara, denominada *alburno*.

O cerne é constituído por vasos que perderam a capacidade condutora e exercem função mecânica, principalmente. Seu lúmen é obstruído pelo aparecimento de *tilas*, excrescências das membranas que brotam irregularmente para o interior da célula.

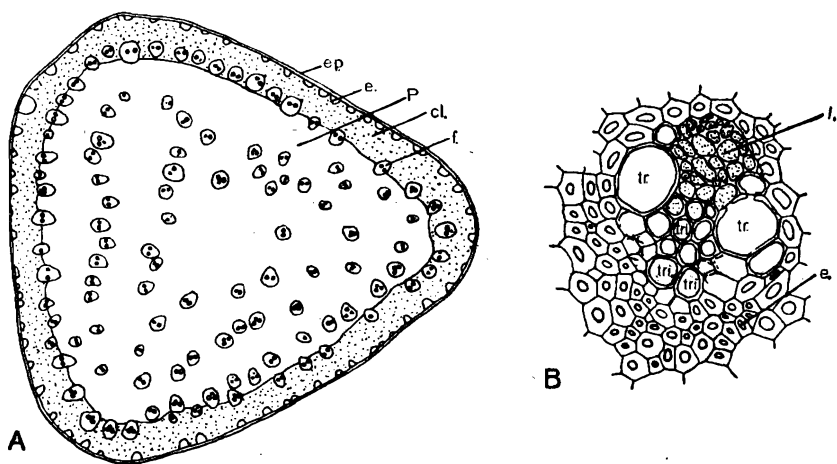



Fig. 27 — Estrutura do caule das monocotiledôneas. A — Corte transversal dum caule de tiririca (*Cyperus rotundus*) 30 x. B — Feixe fibrovascular fechado, colateral, quase leptocêntrico do mesmo caule. 400 x. cl. = parênquima clorofílico; e = esclerênquima; ep. = epiderme; f. = feixe fibrovascular leptocêntrico; l. = líber; tra. = traquéia; tri. = traqueídeo. Originais.

O alburno constitui a parte viva da madeira. Nêle sobe a seiva.

A estrutura do caule das monocotiledôneas difere bastante da dos dois grupos anteriores. Normalmente não há cilindro cambial, pois os caules dêstes vegetais, com exceção de algumas *palmeiras* e *Liliíflоras*, não aumentam de diâmetro. Não há diferenciação na casca e no corpo central (Fig. 27). Os feixes liberolenhosos são fechados, colaterais até leptocêntricos e encontram-se em tôda parte no corte transversal do caule. No centro de cada feixe liberolenhoso fica o líber, que é rodeado por um cilindro de lenho e geralmente protegido por uma bainha esclerenquimática (Fig. 27, B). O lenho compõe-se de traquéias e traqueídeos com lignificação anelar ou espiralada, nunca areolada. Às vêzes há feixes fechados colaterais.

O caule das *samambaias* caracteriza-se por feixes liberolenhosos fechados, hadrocêntricos, e pela ausência do cilindro cambial. O lenho, no centro de cada feixe, é composto de traqueídeos escalariformes, anelados e espiralados. A parte do líber é formado de tubos crivados sem células anexas, como nas gimnospermas. O líber das monocotiledôneas e dicotiledôneas encerra tubos crivados com células anexas.

Observação prática. Para a observação da estrutura do caule serve, naturalmente, o de qualquer vegetal. Basta cortá-lo e prepará-lo da maneira como foi indicado para os tecidos de condução. No comêço dos estudos é porém indicada a escolha de caules de estrutura simples e que sejam suficientemente delgados a fim de permitirem a observação duma parte maior de seu corte transversal no campo do microscópio. Para o estudo da estrutura primária das gimnospermas podem ser usados galhos delgados de pinheiro (*Araucaria angustifolia*) ou ciprestes; para o das dicotiledôneas, galhos delgados de plátanos (*Platanus spec.*), tão freqüentemente cultivados como árvores ornamentais das ruas, parques e praças do nosso país. Os mesmos objetos, escolhendo-se galhos mais velhos, servem para estudo da estrutura secundária.

Bom exemplo para o estudo da anatomia das monocotiledôneas fornecem os caules triangulares das inflorescências da tiririca (*Cyperus rotundus* e outras espécies), tão comuns nos terrenos baldios, nos lugares úmidos e na beira dos caminhos não calçados.

Nas samambaias, estudam-se os rizomas (caules subterrâneos) de qualquer uma das numerosas espécies cultivadas, como p. ex., as escadinhas-do-céu e as avencas.

10. §. Anatomia da raiz

A estrutura anatômica da raiz é caracterizada pela divisão em duas zonas: uma exterior, tubiforme, denominada casca e um cilindro interior chamado corpo central. Nestes pormenores assemelha-se à estrutura dos caules das dicotiledôneas e

gimnospermas. Há, porém, a profunda diferença de que na raiz todos os elementos de condução se reúnem no corpo central e que a casca tem função de revestimento e absorção. (Fig. 28).

A composição da casca varia conforme a zona da raiz. Na sua ponta, formada pela coifa e zona lisa, ainda não há diferenciação em casca e corpo central. Esta começa na zona pilífera. Externamente a casca é sempre limitada por uma epiderme, desprovida de estomas e cutícula, e por dentro por uma camada de células, chamada *endoderma*. A epiderme da região pilífera é revestida de pêlos absorventes e o endoderma

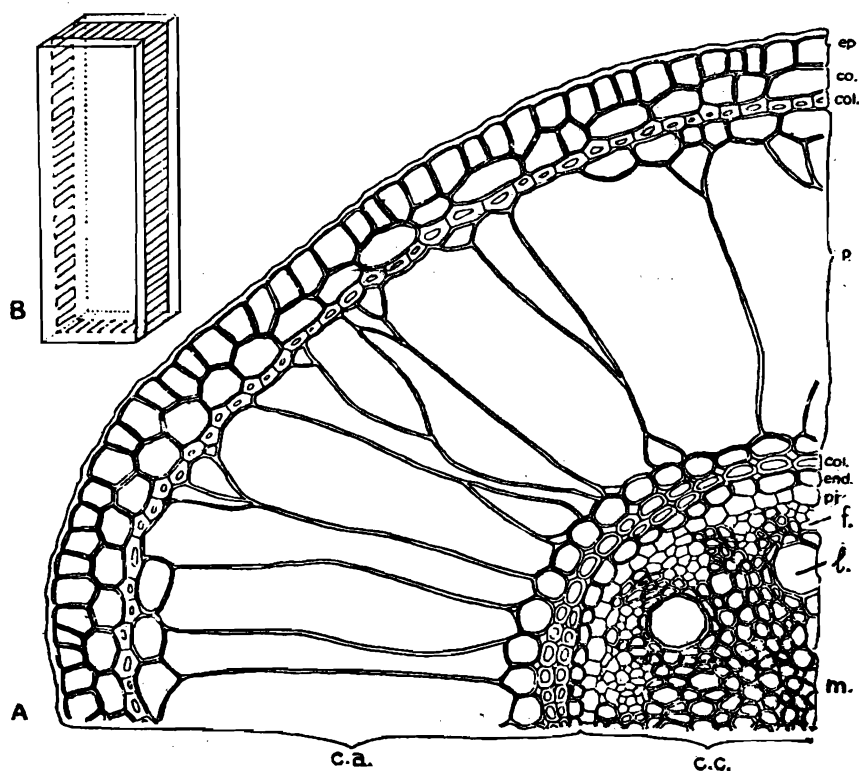



Fig. 28 — A — Quarta parte dum corte transversal na zona cortiçal duma raiz de capim (Gramíneas); ca. = casca; c. c. = corpo ou cilindro central; co. = cortiçal; col. = colênquima; end. = endoderma; ep. = epiderme; f. = líber; l. = lenho; m = medula; p. = parênquima; pi. = periciclo; (original, 400 x). B — Esquema das membranas duma célula do endoderma com listra de Caspary.

apresenta uma faixa suberificada em tôdas as membranas radiais de suas células. Esta faixa de suberina chama-se *faixa* ou *listra de Caspary* em homenagem ao seu descobridor. Entre a epiderme e o endoderma ficam células parenquimáticas, etc.

Na zona cortiçal, isto é, nas partes mais velhas e grossas da raiz, não há pêlos absorventes. As camadas parenquimáticas incrustam as membranas celulares com suberina ou lignina, principalmente nas camadas logo abaixo da epiderme, constituindo, às vêzes, uma camada especial, denominada *exoderma*. Pode haver formação dum felogênio.

As membranas do endoderma suberificam-se e por fim se lignificam quase inteiramente. Só de vez em quando encontram-se interrompidas por células com membranas celulosas e protoplastos vivos. Estas células se chamam *células de passagem*.

O endoderma controla a troca de seiva entre a casca e o corpo central da raiz. No primeiro dos dois casos acima citados, encontramos a listra de Caspary em tôdas as membranas radiais do endoderma, isto é, em tôdas as membranas que ligam os tecidos do corpo central aos tecidos da casca. A listra de Caspary é constituída por suberina e torna impermeáveis as membranas, impedindo tôda e qualquer infiltração de seiva através das membranas, o que seria possível e normal em membranas celulosas. Tôda a seiva que passa do corpo central para a casca ou da casca para o corpo central, deve atravessar o protoplasto vivo das células endodérmicas e êste pode regular a passagem, de acôrdo com as necessidades da planta, impedindo ou facilitando o transporte. Nos endodermas lignificados não pode passar seiva alguma, salvo através das células de passagem, cujo protoplasto exerce função idêntica à dos protoplastos acima mencionados.

O corpo central é formado por um feixe liberolenhoso, rodeado por tecido parenquimático e limitado por uma espécie de epiderme interior denominada *periciclo* (Fig. 28). Do periciclo nascem as ramificações das raízes. (As ramificações dos caules nascem da epiderme dos caules ou das camadas subepidérmicas.) O lenho fica no centro, onde constitui um prisma, cujo corte transversal apresenta forma de estrêla. Entre os braços desta estrêla ficam os feixes liberianos. As partes mais grossas da raiz podem conter medula (parênquima medular) no interior do lenho.

As raízes dos *Pteridófitos* (*samambaias*, etc) apresentam um lenho muito simples, formado por um estrêla de duas ou

poucas pontas, ou, então, com forma irregular, rodeado por poucos feixes liberianos e sem câmbio (meristema secundário).

Nas *monocotiledôneas* forma uma estrêla multipolar, rodeada por muitos feixes liberianos, sem cilindro cambial.

Nas dicotiledôneas e gimnospermas tem forma de estrêla típica, porém com menor número de pólos. Entre êles ficam os feixes liberianos numa disposição bem regular. Entre o líber e o lenho estende-se uma zona meristemática, denominada câmbio ou cilindro cambial, análoga ao meristema secundário correspondente dos caules. Nestas raízes podemos distinguir uma estrutura primária e secundária, pois, após o primeiro ano de existência, nota-se a atividade do câmbio. O câmbio produz cada ano uma camada adicional de lenho e tantos feixes liberianos quantos sejam necessários. O acréscimo dos *anéis anuários* do lenho faz desaparecer aos poucos a forma de estrêla do seu corte transversal e a substitui por uma forma circular. A estrutura secundária do corpo central da raiz é muito semelhante à do caule, ao ponto de ser difícil diferenciá-los ao microscópio.

Entre o caule e a raiz da maioria dos vegetais que se reproduzem por sementes existe uma zona intermediária, denominada *colête*, formada pelo *hipocótilo* e o *epicótilo* (Compare: *Germinação da semente*) e que estabelece a ligação entre a estrutura anatômica da raiz e do caule, desviando paulatinamente os tubos crivados e vasos lenhosos para a posição característica.

Os feixes lenhosos existentes na raiz (Fig. 29, a) dividem-se, cada um, em dois. Os vasos mais finos, formados primeiro, ocupam a periferia dos feixes. A bipartição continua no hipocótilo (Fig. 29, b). Os feixes parciais começam a se afastar

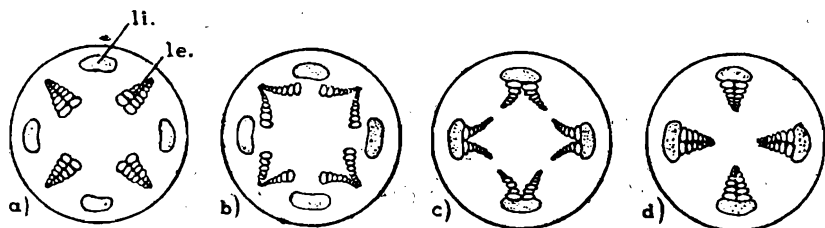



Fig. 29 — Cortes transversais esquematizados. a. — Raiz. b. — Hipocótilo. c. — Epicótilo. d — Caule. li. = líber; le. = lenho.

uns dos outros na sua porção central. Cada parte faz uma torção completa na região do epicótilo. Os vasos primários

ocupam agora o centro do corte (Fig. 29, c). Chegando à região do caule, as partes fusionam duas a duas. Metade de um feixe une-se à metade procedente do feixe vizinho, formando nova unidade em posição oposta a um dos feixes liberianos (Fig. 29, d). Constitui-se um nôvo feixe liberolenhoso.

Observação prática. Para a observação microscópica da raiz vale tudo quanto se disse para os caules. Convém cortar as raízes entre pedaços de medula de girassol ou sabugueiro, pedaços de estiropor ou cenoura, pois em geral devem ser preferidas raízes não muito grossas que, não obstante, se demonstram resistentes e difíceis de cortar. A construção da raiz parece visar e conseguir resistência contra o rasgamento e compressão; por isso resiste muito à navalha. A separação da casca e do corpo central é bem visível na cenoura, que é demasiadamente grossa para servir de objeto idôneo para investigações anatômicas, ao microscópio. Para a observação da listra de Caspary devem ser utilizadas raízes bem novas, pois nas raízes velhas fica substituída por suberificação e finalmente por lignificação total de tôdas as membranas das células do endoderma. Os cortes transversais hão de ser tratados com *Sudan III* em glicerina, que tinge de vermelho a suberina. No corte transversal da raiz aparece o endoderma com pontos vermelhos em tôdas as membranas de direção radial; em cortes longitudinais radiais aparece da mesma maneira e em cortes longitudinais tangenciais, com linhas curvas vermelhas mais ou menos contínuas.

A observação das estruturas de transição pode ser feita num grão de feijão germinado.

11. §. Resumo

Na descrição e classificação dos tecidos vegetais observam-se sua função fisiológica, seus característicos anatômicos e o grau de diferenciação das células componentes. De acôrdo com o ponto de vista que deixarmos prevalecer, podemos agrupar os tecidos acima descritos em sistemas diferentes. Seguindo o célebre anatomista alemão HABERLANDT, podemos reuni-los em quatro grandes categorias funcionais:

1) O sistema formativo constituído pelos meristemas.
2) O sistema tegumentar, que compreende os tecidos de proteção.
3) O sistema mecânico ou esquelético, com os tecidos de resistência.
4) Os sistemas de nutrição, com os tecidos que se ocupam da absorção, assimilação, condução, aeração, reservação e secreção.

Em cada um dêstes sistemas fundamentais devem ser citados os tecidos na ordem correspondente ao seu grau de diferenciação.

O botânico belga, VAN TIEGHEM, faz prevalecer os característicos puramente anatômicos dando valor especial à presença ou ausência dum protoplasto vivo nas células. Divide os tecidos em:

1) Tecidos vivos, isto é, formados por células com protoplasto vivo.
2) Tecidos mortos, formados por células sem núcleos nem citoplasma.

Nestes dois grupos se reúnem os diversos tipos de tecidos, segundo seu grau de diferenciação e, em parte, sua função fisiológica.

É muito útil ao estudante procurar no fim do presente capítulo organizar um esquema de classificação dos tecidos segundo VAN TIEGHEM e segundo HABERLANDT, de acôrdo com as indicações dadas.

II PARTE: ORGANOGRAFIA

CAP. I. O CORMO

1. § Germinação da semente
2. § Morfologia da raiz
3. § Morfologia do caule
4. § Ramificações do caule
5. § Morfologia da fôlha
6. § Disposição das fôlhas no caule

ORGANOGRAFIA

A Organografia, como parte da Botânica, visa a análise das formas externas dos órgãos vegetais, no intuito de aprofundar a compreensão de suas funções e para facilitar a descrição dos inúmeros fenômenos observados no estudo sistemático das diversas espécies.

Alguns órgãos dos vegetais exercem funções especiais na reprodução: seu conjunto forma o chamado *aparelho reprodutor*. Outros não têm ligação direta com as funções de reprodução: formam o chamado *aparelho vegetativo*.

De acôrdo com a diferenciação apresentada pelo aparelho vegetativo, distinguem-se dois tipos fundamentais de plantas: os *talófitos* e os *cormófitos* (gr. *phyton* = planta). Os talófitos apresentam o aparelho vegetativo sob forma de *talo* e os cormófitos, sob forma de *cormo*. O *cormo* consta de 3 órgãos diferentes, a saber: caule, raiz e fôlha. Às vêzes falta um ou outro dêstes órgãos. Todos os vegetais com flôres — árvores, arbustos e ervas — apresentam cormos: são cormófitos, no sentido morfológico. O *talo* vegetativo é menos diferenciado e pode apresentar contornos e formas as mais diversas, mas nunca possui fôlhas, caules ou raízes pròpriamente ditos nem vasos lenhosos. Exemplo bem conhecido e característico de talos fornecem os liquens e cogumelos (chapéu-de-cobra). Em organografia emprega-se a palavra *talófito* em sentido um pouco diferente que na Botânica Sistemática. Pois nem todos os vegetais que durante determinadas fases de sua vida apresentam seus aparelhos vegetativos em forma de talo, pertencem aos *Tallophytae* da Botânica Sistemática.

CAPÍTULO I

O CORMO

É bastante difícil, se não impossível, definir e limitar o caule, a raiz e a fôlha para todos os casos reais, possíveis; mas, em geral, é simples distinguir os órgãos do cormo na prática. O caule é a parte aérea, raras vêzes subterrânea ou aquática, dotada de crescimento ilimitado durante a vida da planta e que suporta as fôlhas. As fôlhas se inserem no caule e possuem tempo de vida limitado, caem com regularidade e são substituídas por outras semelhantes. A raiz fica na parte inferior do caule e é dotada de pêlos absorventes nas extremidades de suas ramificações mais finas. Geralmente é subterrânea, poucas vêzes aérea ou aquática. Os limites entre as fôlhas e o caule são evidentes e, na natureza, vêm marcados pelas cicatrizes deixadas pelas fôlhas caídas. O limite entre caule e raiz dum vegetal adulto não pode ser dado com precisão; a razão será compreensível para quem observar e analisar a germinação da semente duma planta superior.

1. §. Germinação da semente

A germinação da semente das plantas pode ser estudada nas *dicotiledôneas* melhor do que em qualquer outro vegetal, pois as minúcias aparecem mais visíveis e os fenômenos observados com modificações insignificantes são aplicáveis a qualquer caso especial. A seqüência no aparecimento dos diversos órgãos da planta germinativa é a mesma, até no crescimento dos embriões das samambaias (plantas sem flôres nem sementes). Considerando as partes das plantas germinativas que aparecem em cima da superfície da terra, devemos distinguir duas modalidades características na germinação das sementes, a saber: a *germinação epígea* ou *epigéica,* na qual as

fôlhas germinais ou cotilédones aparecem em cima da terra, e a *germinação hipógea* ou *hipogéica*, na qual permanecem embaixo da terra, no interior da casca da semente.

Qualquer *semente* consta das seguintes partes: embrião, endosperma e casca. O *embrião* é uma pequena planta rudimentar em estado de vida latente; consta dos cotilédones, do botão do caule ou plúmula, geralmente situado entre os cotilédones, do botão da raiz, oposto ao botão do caule, e, às vêzes, dum suspensor ou haustório que prende o botão da raiz às outras partes da semente. O *endosperma* é um tecido cheio de substâncias de reserva (parênquima de reserva). Enche os claros entre as partes do embrião e a casca. Muitas vêzes é pouco desenvolvido e, outras, chega a faltar de todo. A *casca* é a camada externa de proteção.

Germinação epígea (Fig. 30, 1). O primeiro indício de comêço de germinação é a intumescência da semente pela

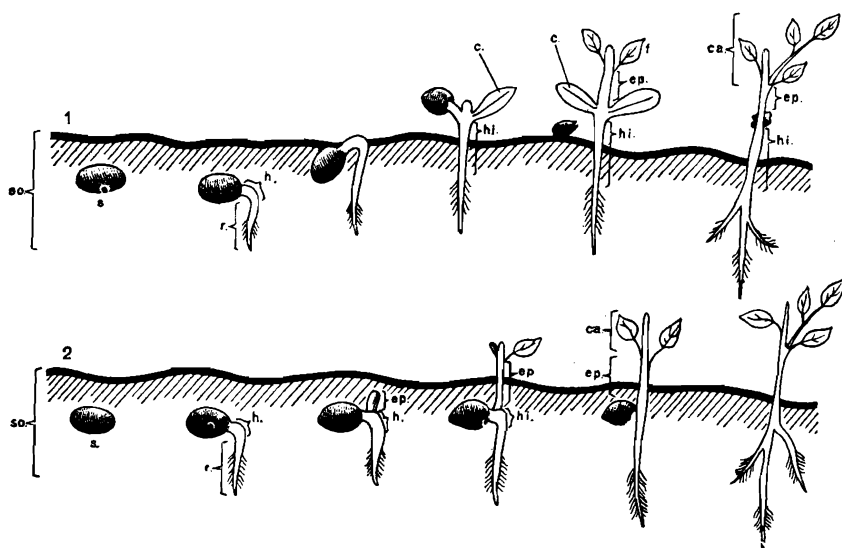



Fig. 30 — Fases consecutivas da germinação da semente. 1 — Germinação epígea; 2 — Germinação hipógea. c. = cotilédone; ca. = caule; ep. = epicótilo; hi. = hipocótilo; r. = raiz primária com pêlos absorventes; s. = semente; so. = solo. Esquema.

absorção de água. A semente torna-se mais volumosa e desaparecem as rugas eventuais da casca. Depois aparece, como primeiro órgão, uma pequena raiz que perfura a casca e pe-

netra no solo, seguindo a direção da gravidade. Esta raiz denomina-se *raiz primária*. Na sua ponta encontra-se uma fina capa protetora, denominada *coifa*; em cima desta, uma zona meristemática: a *zona lisa*; e sôbre esta, a *zona dos pêlos absorventes* e o início da *futura zona cortiçal*. A raiz primária procura penetrar e fixar-se no solo; conseguido isto, a zona da raiz mais chegada à semente começa a crescer. Esta zona, denominada *hipocótilo*, prolonga-se tanto que empurra a semente para cima da superfície do solo. Os limites exatos do hipocótilo podem ser observados logo após a formação da primeira ramificação da raiz, pois o hipocótilo é a parte compreendida entre esta e os cotilédones. Na primeira ramificação para baixo, começa a raiz pròpriamente dita. Em seguida, distendem-se os *cotilédones*, livram-se da casca e enverdecem ao contato com a luz do dia.

Os cotilédones ou fôlhas germinais desempenham duas funções. São verdadeiros celeiros de reserva para a planta germinativa e, quando verdes, constituem as primeiras fôlhas provisórias. Contribuem para a alimentação da planta mediante a produção própria de açúcar. Ao mesmo tempo, começa a desenvolver-se o *botão do caule*, saído do seu esconderijo no interior da semente, junto com os cotilédones. Desenvolve uma haste fina que dará origem às fôlhas pròpriamente ditas. A porção compreendida entre os cotilédones e a primeira fôlha denomina-se *epicótilo* (gr. *epí* = em cima; *hipó* = debaixo, embaixo). Da primeira fôlha para cima, temos o caule pròpriamente dito. O hipocótilo e o epicótilo têm organização anatômica diferente, tanto do caule como da raiz. De tal modo se desviam nêles os elementos de condução que há ligação perfeita entre os elementos do caule e da raiz. (Compare: *Anatomia da raiz.*) Anatômicamente, são zonas de transiçao. Quando a planta se torna maior e adulta, caem os cotilédones, deixando sòmente cicatrizes pequenas e bem transitórias. Em plantas maiores é impossível determinar o antigo lugar das fôlhas germinativas; ao mesmo tempo, torna-se impraticável a localização exata dos limites do caule e da raiz. Limitamo-nos a chamar de caule à parte do vegetal que, diretamente ou em suas ramificações, produz as fôlhas e de raiz, à parte que, de maneira análoga, produz pêlos absorventes.

Germinação hipógea (Fig. 30, 2). A germinação hipógea difere muito pouco da epígea. O desenvolvimento do hipocótilo é suprimido e, em conseqüência disto, a semente permanece no solo. O epicótilo perfura a casca da semente, cresce para cima e, alcançada a superfície da terra, desenvolve um caule com

fôlhas. Os cotilédones permanecem na casca da semente, servindo, ùnicamente, de celeiros. Esgotadas as substâncias de reserva, apodrecem, junto com o resto da semente, sem deixar vestígios. As dificuldades daí resultantes para a determinação exata dos limites do caule e da raiz na planta adulta são as mesmas do caso anterior.

A germinação das sementes das monocotiledôneas difere dos fatos acima descritos, principalmente pela presença dum único cotilédone. No *milho*, *arroz*, *trigo*, cujas sementes nascem hipogéicas, aparece em cima da terra um brôto caulinar encimado por várias camadas cônicas de tecido clorofilado e que é denominado *coleóptile*. O *cotilédone* resume-se numa pequena escama de absorção, situada no abundante endosperma da semente, designada por *escudo* ou *escutelo*.

Nas gimnospermas pode haver dois ou mais cotilédones.

Observação prática. A germinação da semente pode ser observada em sementes lançadas em qualquer viveiro de terra fôfa bem regada. Os grãos de feijão formam bom exemplo para o caso epígeo e os das ervilhas para o hipógeo. Querendo observar com mais exatidão e facilidade, convém colocar as sementes num substrato artificial transparente, que pode ser preparado de acôrdo com a fórmula seguinte: Num litro de água dissolvem-se 1g $Ca(NO_3)_2$; 0,25g de $MgSO_4$; 0,25g KH_2PO_4; 0,25g KNO_3 e traços de $FeSO_4$. Nesta solução, denominada *solução nutritiva de Knop*, dissolve-se tanta gelatina ou ágar-ágar, bem lavada, que resulte uma geléia de consistência média, 20g de ágar-ágar por litro costumam garantir boa consistência do meio nutritivo. As sementes germinam e desenvolvem-se bem neste substrato. Sob luz forte, as plantas germinativas formam hipocótilos e epicótilos curtos; com menor intensidade de iluminação obtêm-se hipocótilos e epicótilos mais compridos.

2. §. Morfologia da raiz

As raízes desempenham duas funções muito importantes para os vegetais; fixam-nos no substrato e absorvem a seiva bruta através dos pêlos absorventes, situados nas extremidades das ramificações mais finas. (Compare: *Germinacão da semente e pêlos da epiderme.*) Existem raízes nos meios terrestre, aquático e aéreo. As mais importantes e características são as raízes terrestres. Muitas vêzes falta às raízes aquáticas e aéreas a função de fixação. São, neste caso, apenas órgãos de absorção e armazenamento. As raízes e suas ramificações apresentam quatro zonas consecutivas. Na ponta existe uma capa protetora denominada *coifa*. Esta é seguida por curta zona de alongamento, *a zona lisa*. A coifa protege a raiz ao penetrar

no solo. Ela se desgasta com isso e é reconstituída de dentro para fora. (Compare: *Meristemas.*)

Segue-se a zona de absorção chamada *zona pilífera*, devido à presença de pêlos absorventes. Da zona pilífera para o caule, estende-se a *zona cortiçal* ou *cortical* que exerce a função de fixação e contém os elementos de condução no seu interior.

Nas raízes terrestres distinguimos três tipos, de acôrdo com a sua forma geral e sua origem: raízes axiais, raízes fasciculadas e raízes adventícias.

Raízes axiais (Fig. 31, A e B) encontradiças na maioria das dicotiledôneas e gimnospermas, tais como pessegueiros, laranjeiras, vassourinhas, pinheiros, etc. São formadas por um eixo principal (*axis*), resultante do desenvolvimento da raiz primária do embrião (Compare: *Germinação da semente*) e de suas ramificações eventuais. Normalmente, êste eixo principal é mais comprido e grosso do que qualquer uma das ramificações. Às vêzes incha e torna-se um verdadeiro celeiro de reserva, dando origem à forma da *raiz axial-tuberosa,* como no caso das cenouras. Cumpre não confundir as raízes axiais-tuberosas com os produtos da transformação do hipocótilo ou do epicótilo em celeiros de reserva, nodosidades essas que devem ser consideradas tubérculos do caule; o rabanete, p. ex., tem a sua parte comestível formada pelo hipocótilo, pois na parte grossa nunca emite raízes laterais, enquanto a porção comestível e grossa da couve-nabo corresponde ao caule.

Raízes fasciculadas (Fig. 31, C e D). São características da maioria das monocotiledôneas, como trigo, arroz, todos os capins, etc. A raiz fasciculada ou em cabeleira é formada por vários eixos, ramificados ou simples, mais ou menos iguais na espessura e no comprimento. Não é possível distinguir o eixo principal dos secundários ou dos de ordem mais elevada. Quando se formam, apodrece a raiz primária, oriunda do embrião na planta germinativa. É substituída pelas ramificações. Os eixos secundários podem engrossar e constituir o que chamamos uma raiz fasciculada-tuberosa. Encontram-se *raízes fasciculadas-tuberosas*, p. ex., em muitas orquídeas terrestres. (As *batatas* das dálias, apesar do aspecto muito semelhante, consideradas com rigor, não formam raízes fasciculadas-tuberosas, pois são produtos de raízes adventícias.)

Raízes adventícias (Fig. 31, E) são tôdas as raízes que, secundàriamente, independentes da raiz primária do embrião, nascem nos caules ou nas fôlhas de qualquer vegetal. São características das samambaias (*Pteridophyta*), como, por ex., as escadinhas-do-céu e as avencas que possuem caules em for-

ma de rizomas subterrâneos, com raízes adventícias. A maioria dos vegetais superiores pode emitir dos caules raízes adventícias. É nesta faculdade que se baseia o processo de multiplicação por estacas (mudas de galho), tão freqüentemente aplicado na floricultura, horticultura e lavoura. Muitas plantas produzem raízes adventícias com normalidade. Brotam, p. ex., no primeiro nó aéreo do caule do milho. Ajudam a manter a posição ereta, da mesma maneira como as cordas seguram o mastro dum navio. As tão conhecidas fôlhas-de-fortuna e as fôlhas das begônias, com muita facilidade emitem raízes adventícias, podendo em seguida regenerar plantas inteiras. Basta fixar uma fôlha no solo.

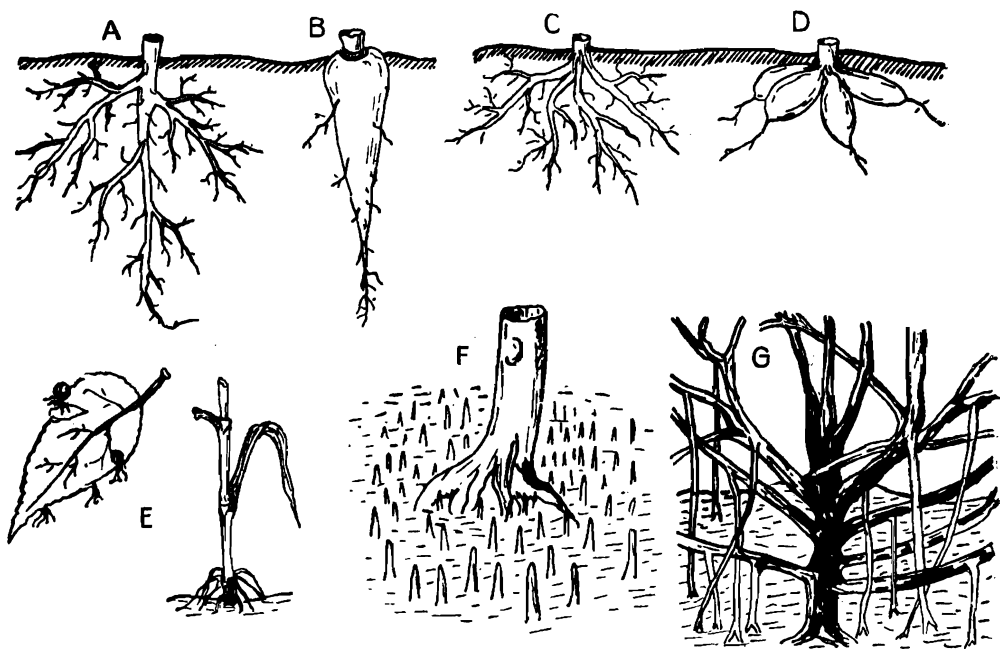



Fig. 31 — Tipos de raízes. A — Raiz axial. B — Raiz axial-tuberosa. C — Raiz fasciculada. D — Raiz fasciculada-tuberosa. E — Raízes adventícias numa fôlha e num caule. F — raízes respiratórias. G — Raízes-escoras. (Esquema.)

Nas plantas que vivem em ambiente especial, podem as raízes adaptar-se para exercer funções extraordinárias, de acôrdo com as necessidades. Algumas trepadeiras emitem raízes adventícias, transformadas em grampos ou ventosas para a fi-

xação. Certas orquídeas epífitas revestem a casca da raiz com um *velame* esponjoso para absorver e armazenar a água que não podem extrair do solo. Plantas que vivem em solo lamacento, mal-arejado, como o dos pântanos à beira dos grandes rios e da costa marítima, às vêzes fazem emergir as pontas das raízes para cima da superfície do solo, a fim de garantirem a aeração suficiente, sem o que apodreceriam. As pontas das raízes emergidas denominam-se *pneumatóforos* (gr. *pneuma* = ar, respiração; lat. *fero* = trazer, levar) ou *raízes respiratórias* (Fig. 31, F). Certas figueiras, cujos troncos formam ramos horizontais muito compridos e pesados, produzem raízes adventícias que descem dos ramos para o solo. Aí se fixam e engrossam, tomando aspecto e função de verdadeiros troncos (Fig. 31, G). São chamadas *raízes-escoras* ou *raízes-suportes*. As árvores velhas dêste tipo parecem possuir numerosos troncos. Pode até acontecer que o único tronco verdadeiro fique destruído e suplantado pelas raízes. Algo parecido pode ser observado na *Rhizophora mangle*, arbusto comum na zona paludosa das costas marítimas tropicais. As raízes dêste vegetal elevam-se a tal altura sôbre o nível do solo que as águas da maré cheia não conseguem atingir o caule e as fôlhas. No tempo da baixa-mar assemelham-se ao caso acima descrito.

3. §. Morfologia do caule

Os caules dos vegetais desempenham função importante para o organismo; conduzem a seiva; servem de suporte às fôlhas e garantem-lhes posição conveniente em relação à luz solar. Contêm no interior os condutos da seiva, isto é, o líber e o lenho. (Compare: *Anatomia do caule.*) Existem caules aéreos, aquáticos e terrestres. Os caules aéreos e aquáticos pertencem às mesmas categorias morfológicas. Os caules terrestres ou subterrâneos mostram formas e adaptações diferentes. Freqüentemente se incumbem das funções da raiz.

De acôrdo com a organização da parte aérea dos caules, dividimos os vegetais em árvores, arbustos e ervas.

Árvores são vegetais com caules lenhosos, resistentes e mais ou menos cilíndricos, formados por um eixo principal ereto, com ou sem ramificações. Aos caules arborescentes, que possuem ramos e galhos, chamamos *troncos* (Fig. 32, A). As laranjeiras, pessegueiros, paineiras, figueiras, etc., têm troncos típicos. Os caules arborescentes sem ramificações como os das palmeiras, denominamos *estípites* (Fig. 32, B).

Os *arbustos* apresentam caules lenhosos, resistentes e cilíndricos, que se ramificam logo acima do solo. Os galhos principais têm a mesma espessura, o que torna impossível distinguir um eixo principal (Fg. 32, C). (Exs.: mimo-de-vênus, maricá, etc.)

Os caules das *ervas* (Fig. 32, D) são geralmente verdes, menos resistentes e pouco lignificados. Os caules herbáceos lisos denominamos *hastes*. (Exemplos: o eixo floral do alho, da cebola, de muitas flôres como a gérbera, zabumba e outras). Aos caules herbáceos articulados em nós sólidos e internódios ocos ou, pelo menos, macios, damos o nome de *colmos*. (Exs.: milho, trigo, arroz.)

Entre as ervas, arbustos e árvores, existem, naturalmente, formas de transição que podem tornar difícil a classificação. As ervas com caules arbustivos, isto é, ramificados e em parte lenhosos, costumamos chamar de *subarbustos*. Qualquer árvore com tronco pode ser cultivada em forma de arbusto e a maioria dos arbustos são suscetíveis de ser transformados em árvores por meios especiais de cultivo.

Todos os vegetais clorofilados fazem concorrência uns aos outros, para obter o lugar mais bem iluminado. Os arbustos são vencidos pelas árvores, porque em geral são de porte menor. As ervas que se acham por baixo de arbustos de folhagem densa não se desenvolvem porque não alcançam altura suficiente. Sòmente alguns arbustos e algumas ervas encontram meios especiais que lhes permitem concorrer vantajosamente com as plantas de porte superior. São as trepadeiras e os epífitos (gr. *epí* = em cima; *phyton* = planta).

Epífitos (Fig. 32, E) são ervas ou arbustos que nascem nos galhos elevados de outros vegetais. Aí encontram lugar mais próximo à luz. Não prejudicam diretamente as plantas que lhes servem de suporte; não lhes tiram a seiva; alimentam-se das substâncias elaboradas por suas próprias fôlhas verdes. Às vêzes são tomados por saprófitos (gr. *saprós* = sujo, podre) ou parasitos pelos leigos.

Parasitos (ex.: peronóspora da parreira) são vegetais que vivem da seiva roubada do organismo vivo em que se fixam. Os *saprófitos* (ex.: môfo ou bolor do pão, *Mucor mucedo*) vivem de substâncias orgânicas extraídas de organismos mortos. Tanto uns como outros não têm fôlhas verdes. Os epífitos têm fôlhas verdes. Também nestes casos há transições: existem os *hemiparasitos* (ex.: erva-de-passarinho) e os *hemissaprófitos* (gr. *hemí* = metade), que possuem fôlhas verdes e tiram do substrato um adicional de alimentos orgânicos.

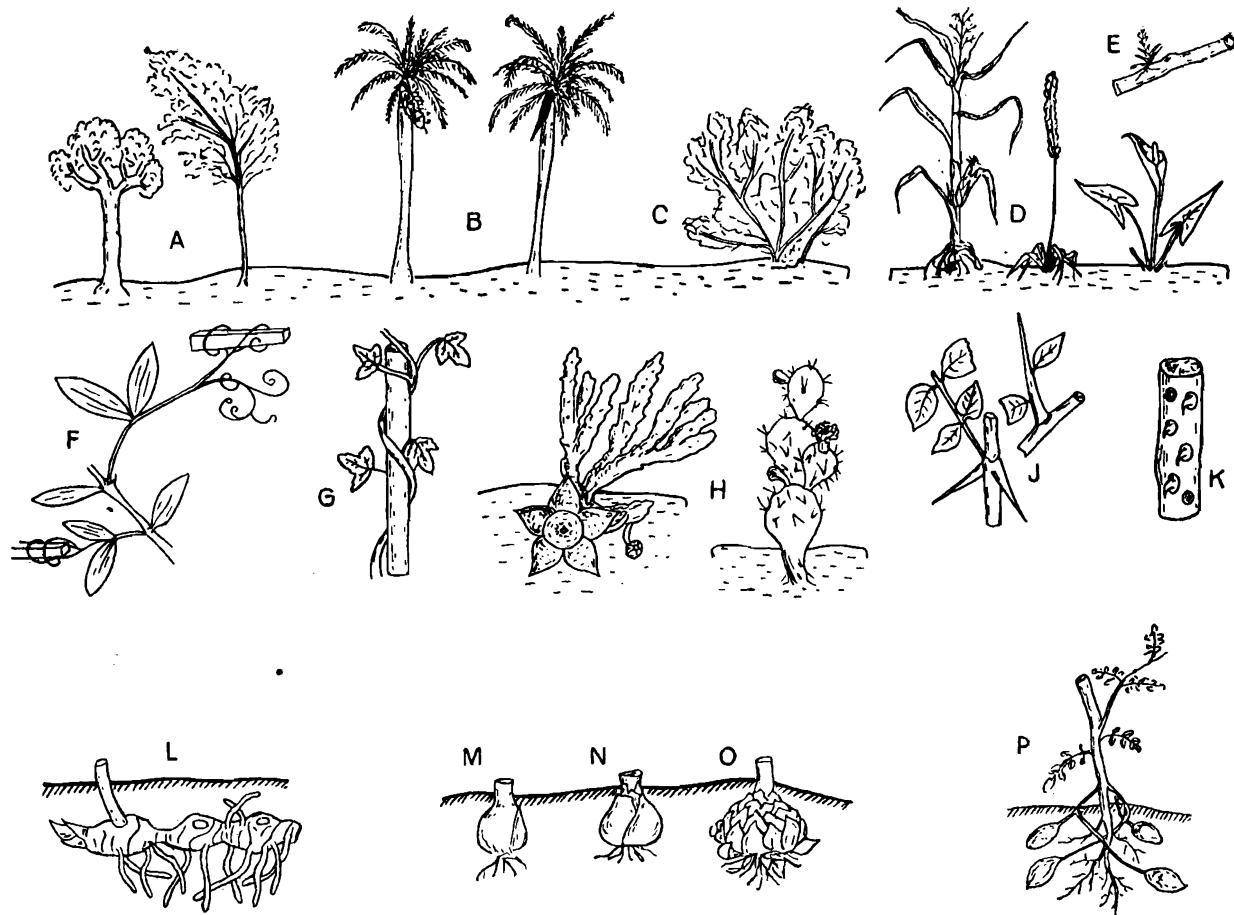



Fig. 32 — Tipos de caules. A — Árvores com troncos. B — Árvores com estípites. C — Arbusto. D — Ervas. E — Epífito. F — Trepadeira escandescente. G — Trepadeira volúvel. H — Cladódios. J — Espinhos. K — Acúleos. L — Rizoma. M — Bulbo sólido. N — Bulbo tunicado. O — Bulbo escamoso. P — Planta com tubêrculos subterrâneos do caule.

Os epífitos mostram adaptações especiais que garantem a disseminação dos frutos ou das sementes em lugares altos e apresentam fôlhas, raízes ou caules transformados em reservatórios que garantem o suprimento de água e dos sais minerais indispensáveis. O cravo-do-mato (*Tillandsia aeranthos*), muito comum em quase tôdas as árvores silvestres, possui fôlhas com escamas absorventes. O conjunto destas fôlhas forma um pequeno funil, no qual se acumula água de chuva ou de orvalho, junto com partículas de pó trazidas pelo vento. Suas sementes são munidas de finíssimos pêlos que formam um pára-quedas muito eficaz. Qualquer sôpro de vento as leva a alturas consideráveis. Outros, como a conhecida erva-de-passarinho (*Loranthus brasiliensis* e outras espécies), possuem frutos comestíveis que são ingeridos pelos pássaros. O estômago das aves digere as partes do fruto, tornando-as pegajosas, mas não ataca as sementes que, de mistura com os excrementos, caem em cima de outros vegetais, onde germinam. O estudo dêstes fenômenos é bastante interessante, mas a explicação de maior número de exemplos nos levaria mais longe do que permite a extensão prevista para o presente opúsculo.

As *trepadeiras* resolvem de maneira diferente o problema da iluminação. Alongam os caules, sem lhes dar, de início, espessura suficiente para sua estabilidade e fixam-nos em outros vegetais ou suportes mortos, convenientes. Distinguimos *trepadeiras escandescentes* (Fig. 32, F) e *trepadeiras volúveis* (Fig. 32, G).

Trepadeiras escandescentes são aquelas que trepam por meio de órgãos de fixação formados por fôlhas, caules, raízes ou partes dêstes órgãos, convenientemente modificados. As ervilhas e o cipó-unha-de-gato, p. ex., transformam as fôlhas em gavinhas pontiagudas de fixação. A parreira emite tentáculos, oriundos de galhos metamorfoseados, que se enrolam no substrato e mais tarde se encurtam, à maneira de molas espirais. A linda rainha-da-noite (*Cereus grandiflorus*) emite raízes adventícias que conseguem fixar-se à maneira de ventosas, até em muros bem lisos. Certas roseiras, para treparem, se valem dos acúleos duros e pontiagudos. O capuchinho ou chagas (*Tropæolum majus*) usa os pecíolos das fôlhas como órgãos de fixação. Certos cipós das capoeiras trepam por meio de galhos que emitem em direção vertical, dobrando-os na horizontal para depositá-los sôbre os galhos de arbustos ou árvores maiores.

As *trepadeiras volúveis*, como, p. ex., o feijão-trepador ou vagem, sobem enrolando os caules em redor dum suporte. Executam movimentos semelhantes aos da serpente. Se o supor-

te, que por acaso encontram, não tem altura suficiente, emitem uma ponta livre, cada dia mais comprida, que vai girando continuamente em procura de nôvo suporte que lhe permita subir mais alto. O movimento assim executado denomina-se *circunutação.*

Algumas espécies de plantas, freqüentemente aquelas que habitam zonas sêcas, não formam fôlhas. Nelas, é o caule que assume a função assimilatória, substituindo as fôlhas. Para tanto, torna-se verde e muitas vêzes suculento, como nos cactos e nalgumas Asclepiadáceas e Euforbiáceas ou como, p. ex., na carqueja (*Baccharis genistelloides*), em que forma asas verdes, laminares. Todos os caules ou partes de caule que substituem as fôlhas na função alimentar, se denominam *cladódios* (Fig. 32, H).

Certas partes dos caules, ou também as fôlhas e partes das fôlhas, podem transformar-se em pontas agudas, compridas e duras denominadas espinhos, como nas laranjeiras, bergamoteiras, etc. (Fig. 32, J). Não se confundam *espinhos* com *acúleos*, como o fazem os leigos, às vêzes. Em Botânica, entende-se por acúleos excrescências duras e pontiagudas, formadas pela epiderme, como nas roseiras, paineiras, etc. (Fig. 32, K). Na prática distinguem-se pelo seguinte: os acúleos se deixam remover sem maior dificuldade e sem causar ferida profunda no vegetal; muitas vêzes até caem normalmente depois dalgum tempo, deixando uma cicatriz bem limitada. Os acúleos não têm ligação com os elementos de condução do interior do caule. Para quebrar o espinho é mister aplicar mais fôrça; sempre se produz uma ferida irregular, como ao quebrar um galho. O espinho possui vasos de condução. O tão conhecido provérbio: "Não há rosas sem espinhos", em Botânica é errôneo, pois não há rosa com espinhos. Existem mesmo certas espécies desprovidas de acúleos.

Os caules terrestres ou subterrâneos das plantas podem ser rizomas, bulbos ou tubérculos.

Rizomas (Fig. 32, L) são caules que rastejam na superfície ou abaixo da terra. Freqüentemente são achatados. Possuem raízes adventícias, que assumem as funções de fixação e absorção e emitem para cima fôlhas ou brotos foliados. (Ex.: bananeira, samambaia, inhame, copo-de-leite, etc.)

Bulbos ou *cebolas* são caules subterrâneos, destinados a fazer perdurar o vegetal nas épocas impropícias do ano. Muitas vêzes são produtos de proliferação vegetativa. São formados por caules curtos, ovóides ou discóides, rodeadas ou não por fôlhas escamosas. Embaixo, possuem raízes fasciculadas ou

fasciculado-adventícias. Na época da vegetação brotam e formam o caule aéreo, herbáceo. Existem três tipos de bulbos: sólidos, tunicados e escamosos. Os *bulbos sólidos* (Fig. 32, M) são formados por um caule grosso, sem maior número de escamas foliosas. (Ex.: bibi — *Alophia pulchella.*) Os *bulbos tunicados* (Fig. 32, N) são rodeados por escamas espêssas e grandes que envolvem cada uma o caule, quase inteiramente. (Ex.: cebola — *Allium cepa.*) Os *bulbos escamosos* são rodeados por um número maior de pequenas escamas grossas (Fig. 32, O). (Ex.: açucena branca — *Lilium longiflorum* e *Lilium candidum.*)

Tubérculos ou *batatas* (Fig. 32, P) são engrossamentos subterrâneos dos caules. São formados por parênquimas de reserva protegidos por uma casca exterior. Não contêm órgãos vegetativos diferenciados, como os bulbos, mas podem regenerar um ou vários vegetais inteiros pelos botões que nascem na sua superfície. (Ex.: batata-inglêsa — *Solanum tuberosum.*) Não devem ser confundidos com tubérculos ou batatas de raiz que também existem, como, p. ex., na mandioca e nas dálias.

4. §. Ramificações do caule

O sistema de ramificação dos caules depende antes de tudo da disposição das fôlhas, pois o botão de qualquer galho só se forma na axila da fôlha. Tôdas as ramificações do caule são exógenas por origem. Só secundàriamente se ligam aos elementos de condução. (Compare: *Anatomia do caule.*) A fôlha que protege o desenvolvimento do botão recebe o nome de *tegmento.* O tegmento pode ser ainda visível na base duma ramificação desenvolvida (Fig. 33, A) ou, então, pode cair, deixando sòmente uma cicatriz que marca sua antiga posição. Nas ramificações mais velhas desaparece até esta cicatriz.

Nalgumas plantas, p. ex., nas Solanáceas, parece que os galhos nascem fora da axila dos tegmentos, fenômeno denominado ramificação *extra-axilar* (Fig. 33, B). Na verdade, nascem na axila da fôlha, mas concrescem com o eixo principal, acompanhando-o até certa altura antes de desviarem.

Na multiplicidade das formas de ramificações vegetativas possíveis, cujas normas explicaremos mais abaixo, no parágrafo das inflorescências, destacam-se dois tipos fundamentais: a *ramificação racemosa* ou *indefinida* ou *monopodial,* e a *ramificação cimosa* ou *definida* ou *simpodial.*

O ponto vegetativo dos eixos principais dos vegetais com ramificação racemosa continua crescendo durante tôda a vida do vegetal, mesmo depois de haver produzido ramificações;

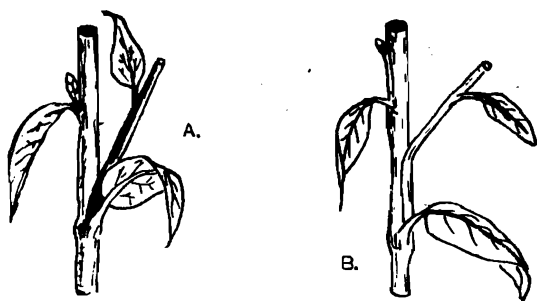



Fig. 33 — Ramificação do caule. A — Ramificação axilar. B — Ramificação extra-axilar. (Esquema original.)

alcança assim altura maior ou, no mínimo, igual à de qualquer uma das ramificações formadas (p. ex., o pinheiro).

Se houver ramificação cimosa, cessa o crescimento dos eixos principais logo depois do aparecimento de ramificações. Os galhos mais novos (de ordem superior) alcançam alturas iguais ou superiores às dos eixos principais. (Ex.: inflorescências das verbenas e dos tomates.)

5. §. Morfologia da fôlha

As fôlhas são os principais órgãos de alimentação das plantas. No interior de suas células clorofiladas opera-se a transformação (fotossíntese) do anidrido carbônico e da água em açúcar, que é a fonte de origem de tôdas as outras substâncias orgânicas dos sêres vivos (exceto em certas bactérias). São capazes de absorver água e substâncias hidrossolúveis através da epiderme, fato êste de importância prática cada vez maior para o combate de moléstias por meio de medicamentos sistêmicos, etc.

A forma, a organização e a função das fôlhas são altamente variáveis. As fôlhas metamorfoseadas podem assumir funções de reprodução, de fixação, de absorção, etc. Trataremos apenas neste parágrafo da morfologia das fôlhas de assimilação, i. é, das fôlhas pròpriamente ditas no conceito do leigo e denominadas *trofófilos* pelos cientistas (gr. *trepho* = alimentar; *phyllon* = fôlha).

As fôlhas mais completas encontram-se nos angiospermos, sendo caracteristicamente diferentes nas monocotiledôneas e dicotiledôneas. As fôlhas das gimnospermas e das samambaias são mais simples: suas partes se podem descrever, sem dificuldade, com os mesmos têrmos científicos.

A fôlha completa duma DICOTILEDÔNEA consta de 4 partes: o *limbo* ou *lâmina*, o *pecíolo*, as *estípulas* e a *bainha* (Fig. 34, A). Qualquer uma destas partes pode faltar. O limbo é um plano verde sustentado pelas nervuras. Pode ser composto de uma única ou de várias unidades separadas. No primeiro caso chama-se simples; no segundo, composto. Cada parte

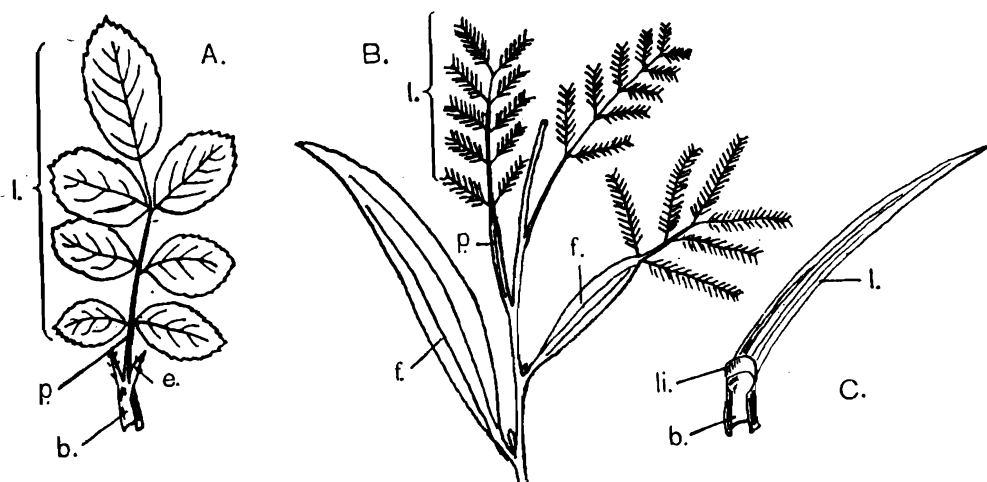



Fig. 34 — Partes da fôlha. A — Fôlha duma Dicotiledônea. B — Galho da acácia (*Acacia melanoxylon*) com fôlhas imparipenadas normais e filódios. C — Fôlha duma Monocotiledônea; b. = bainha; e. = estípula; f = filódio; l. = lâmina; li. = lígula; p = pecíolo. ½ natural. Original.

do limbo composto recebe a denominação de *folíolo*. O pecíolo é a haste, geralmente delgada, que liga o limbo à bainha, ou, na falta desta, ao caule. Determina a posição da fôlha perante a luz. Na base do pecíolo encontram-se excrescências laminares, espinhosas ou cerdosas, que são as estípulas. As estípulas e o pecíolo ligam-se ao caule por intermédio da bainha. A bainha é o alargamento laminar, côncavo, da base do pecíolo. Pode ser mais ou menos extensa e, às vêzes, abraça e envolve parte do caule. (Exemplo de fôlha completa: a da roseira.)

A *distinção entre fôlhas simples e fôlhas compostas* é fácil quando há bainhas ou estípulas que indiquem o início das fôlhas no caule. Precisamos simplesmente verificar o número de folíolos existentes acima das partes citadas. Quando a bainha e as estípulas faltam, pode haver confusão entre galhos com fôlhas simples e fôlhas compostas. Devemos então valer-nos de outros subsídios para proceder ao julgamento. As fôlhas, normalmente, caem depois de certo tempo. São substituídas por outras, novas. Seu tempo de vida é inferior ao da planta que as produz. Sòmente em ervas anuais pode igualar ao da planta. Os caules sempre vivem tanto tempo quanto os vegetais a que pertencem. As fôlhas, ao cair, deixam vestígios sob forma de cicatrizes nos caules. Em certos casos, os galhos, também, podem cair. Ao contrário das fôlhas, quebram e não deixam cicatrizes regulares (Ex.: Pinheiro brasileiro). Para decidir se determinada parte da planta é fôlha ou galho, devemos obsevar a situação regular destas cicatrizes. Tudo o que fica no lugar correspondente à parte caída das cicatrizes mais velhas, deve ser considerado como fôlha. Se corresponder a vários folíolos, trata-se de fôlha composta. Se apresenta um único, trata-se de fôlha simples.

A fôlha característica duma MONOCOTILEDÔNEA apresenta 3 partes sòmente: o *limbo*, a *lígula* e a *bainha* (Fig. 34, C). O limbo e a bainha são semelhantes aos das dicotiledôneas. A lígula é uma pequena língua membranácea, situada na zona de junção entre o limbo e a bainha. (Ex.: fôlha de qualquer capim ou taquara.) A bainha pode alongar-se num pseudopecíolo. (Ex.: palmeiras.)

As estípulas, a bainha e a lígula faltam nas fôlhas da maioria das gimnospermas e samambaias.

Ao comparar a disposição das partes da fôlha nas dicotiledôneas e monocotiledôneas, evidenciam-se analogias surpreendentes. Em ambos os casos se inserem no caule pela bainha. As estípulas correspondem à lígula e, comparando a rigor, encontramos no limbo da fôlha das monocotiledôneas o pecíolo da fôlha das dicotiledôneas. Êste resultado, bem surpreendente e à primeira vista hipotético, torna-se teoria fundamentada pela observação de certas anomalias freqüentemente notadas nas fôlhas de certas acácias (Fig. 34, B). Pois, normalmente, possuem fôlhas com limbos compostos e tôdas as partes bem desenvolvidas. Mas, em cada planta, há além destas fôlhas normais, outras com os pecíolos dilatados e transformados em lâminas verdes. Tais pecíolos se denominam *filódios*. O limbo destas fôlhas pode ser total ou parcialmente re-

duzido. Há todos os tipos de transição entre filódios característicos e fôlhas normais. Um filódio assemelha-se nos detalhes de sua estrutura ao limbo da fôlha de uma monocotiledônea, confirmando assim o resultado da comparação direta, fato êste bem ilustrado por nossa gravura. A Botânica moderna explica o limbo da fôlha das monocotiledôneas como resultado da transformação dum pecíolo em filódio.

A descrição e o reconhecimento da forma das fôlhas de uma planta é de suma importância para sua classificação sistemática. Para denominar a forma dos limbos, as suas nervuras e os pecíolos, existem numerosos têrmos convencionais, cujos sentidos, portanto, devem ser conhecidos.

O limbo das *fôlhas simples* pode ter uma das seguintes formas (Fig. 35):

Setácea-capilar — em forma de fio de cabelo ou corda rija. (Ex.: pinheirinho-d'água — *Myriophyllum spec.*)

Subulada — arredondada e pontiaguda como a sovela do sapateiro. A fôlha é ôca ou cheia de medula. (Ex.: cebola — *Allium cepa*; junco — *Juncus bufonius* e outros.)

Acerosa-acicular — rija e resistente, com ponta aguda como a da agulha. Em geral é plicada e possui nervura mediana. (Ex.: pinheiro — *Araucaria angustifolia.*)

Linear — estreita e bastante comprida, medindo o comprimento ao mínimo 4 vêzes mais que a largura máxima. (Ex.: qualquer capim.)

Lanceolada — em forma de ferro de lança. O comprimento do limbo deve ser 3-4 vêzes maior que a largura. A largura máxima deve ficar perto da base do limbo. (Ex.: eucalipto — *Eucalyptus spec.*)

Oblanceolada — forma lanceolada invertida. (Ex.: assobieira — *Schinus dependens*; suçuaia — *Elephantopus scaber.*)

Ovada — em forma de ôvo. Forma semelhante à lanceolada, pontiaguda, com um único eixo de simetria. O comprimento deve ser 2-3 vêzes maior que a largura. (Ex.: amoreira — *Morus alba* e *Morus niger.*)

Obovada — forma ovada invertida. (Ex.: pau-de-cutia — *Esenbeckia grandiflora.*)

Elíptica-oval — de forma ovóide, com a largura máxima bem no meio do limbo e não perto da base, como na ovada. O comprimento deve ser 2-3 vêzes maior que a largura. (Ex.: tibuchina — *Tibouchina mutabilis.*)

Oblonga aguda — forma de duas pontas agudas, com a largura máxima situada no meio do limbo. O comprimento deve ser 3-4 vêzes maior que a largura. (Ex.: pessegueiro-bravo — *Prunus sphærocarpa.*)

Oblonga obtusa — como a anterior, porém com as extremidades obtusas, cegas. (Ex.: capororoca — *Myrsine umbellata.*)

Cuneiforme — em forma de cunha. (Ex.: *Facelis retusa.*)

Espatulada — em forma de espátula. (Ex.: *Drosera spec.*)

Orbicular-arredondada — mais ou menos em forma de círculo. (Ex.: gerânio — *Pelargonium zonale*; aguapé — *Eichhornia crassipes.*)

Reniforme — em forma de rim. (Ex.: violeta — *Viola odorata.*)

Cordiforme — em forma convencional dum coração, como nas cartas de jogar. (Ex.: boa-noite — *Calonyction speciosum;* bênção-de-deus — *Abutilon mollissimum.*)

Rombiforme — em forma dum rombo. (Ex.: guaxuma — *Sida rhombifolia*; açoita-cavalos — *Luchea divaricata*; erva-cancrosa — *Iodina rhombifolia.*)

Ensiforme — em forma de bainha de espada. (Ex.: palma-de-santa-rita — *Gladiolus spec.*)

Deltiforme-triangular — em forma de delta maiúsculo, ou seja, de triângulo isósceles. (Ex.: paina-de-sêda — *Araujia sericifera*; cipreste — *Cupressus epec.*, e outras.)

Sagitada — em forma de ponta de seta, com as farpas viradas para trás. (Ex.: copo-de-leite — *Zantedeschia æthiopica.*)

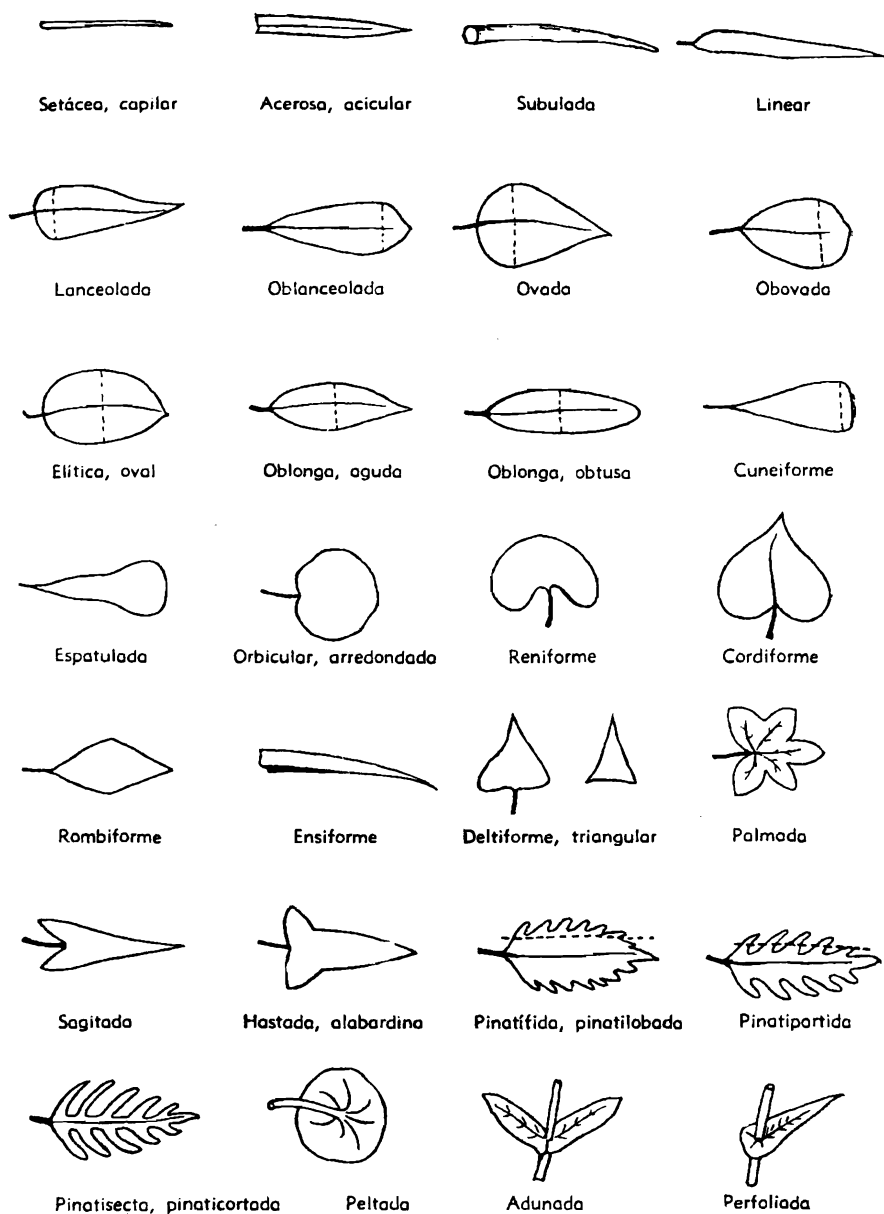



Fig. 35 — Morfologia da fôlha I; Tipos de fôlhas simples.

Hastada-alabardina — como os ferros da ponta duma alabarda, com as farpas voltadas para os lados. (Ex.: — *Spathicarpa hastifolia.*)

Palmada — semelhante à forma da palma da mão. (Ex.: plátano — *Platanus orientalis.*)

Peltada — fôlha, muitas vêzes redonda ou sagitada, com o pecíolo inserido no meio do limbo, à maneira dum cabo de escudo. (Ex.: chagas ou capuchinho — *Tropæolum majus.*)

Pinatifida ou *pinatilobada* — fôlha recortada à maneira de fôlha composta, penada. Os lobos resultantes têm profundidade menor que a metade da distância entre a nervura central e a margem do limbo. (Ex.: mata-cavalo — *Solanum aculeatissimum*; carvalho — *Quercus pedunculata*, e outras.)

Pinatipartida — como a anterior, mas as partes resultantes alcançam profundidade maior que a metade da distância entre a nervura central e a margem do limbo. (Ex.: cipó-imbé ou guaimbé — *Philodendron bipinnatifidum*, e outras.)

Pinatisecta ou *pinaticortada* — fôlha como as anteriores, com segmentos que quase alcançam a nervura mediana. (Ex.: joá — *Solanum sisymbrifolium.*)

Os têrmos *fissus, partitus* e *sectus* acima empregados podem ser aplicados, em sentido idêntico, para descrever outras fôlhas simples que imitam fôlhas compostas, como, p. ex.: *dígito-partido*, etc., o que significaria: partido à maneira de fôlha digitada. Em tôdas as descrições de fôlhas é necessário algum tirocínio, pois quase nunca correspondem exatamente aos tipos convencionais e sempre há diferenças, menores ou maiores, nas diversas fôlhas da mesma planta.

Adunada — diz-se de duas fôlhas opostas, concrescidas pelas bases do limbo em redor do caule. (Ex.: orelha-de-gato — *Hypericum connatum.*)

Perfoliada — diz-se de uma fôlha cuja base é tôda concrescida em redor do caule, dando a impressão de ser perfurada. (Ex.: *Specularia perfoliata.*)

Para a descrição das *fôlhas compostas* usam-se os seguintes têrmos técnicos (Fig. 36):

Ternada — fôlha composta de 3 folíolos. (Ex.: trevo — *Oxalis spec.*; ervilha — *Pisum sativum*; feijão — *Phascolus vulgaris.*)

Biternada — fôlha composta de 3 folíolos ternados. Também existem fôlhas triternadas, etc. (Ex.: salsa — *Petroselinum sativum.*)

Paripenada — fôlha composta por vários pares de folíolos. Cada par recebe a denominação de *jugo.* O número de jugos existentes deve ser indicado numa classificação completa. Ex.: ingá — *Inga viridis* e outras espécies; fedegoso — *Cassia corymbosa* e *Cassia occidentalis.*)

Imparipenada — como a anterior, porém com um folíolo ímpar terminal, além de jugos de folíolos pares. (Ex.: roseira — híbrido de muitas espécies do gênero *Rosa.*)

Biparipenada — composta por vários jugos pares de folíolos paripenados. Há também fôlhas triparipenadas, etc. (Ex.: jacarandá — *Jacaranda mimosæfolia.*)

Digitada — fôlha composta por mais de 3 folíolos inseridos todos na mesma altura do pecíolo comum. (Ex.: paineira — *Chorisia speciosa*; ipê — *Tabebuia ipe* e outras espécies; tremôço — *Lupinus luteus*, e outras espécies.)

Pedalada — fôlha composta por vários folíolos que se inserem num pecíolo alargado como os dedos na palma do pé. (Forma muito rara. Ex.: *Cayaponia pedata.*)

Tôdas as formas de fôlhas compostas podem combinar-se com qualquer uma das formas simples ou mesmo compostas. Devem ser descritas pormenorizadamente em cada caso especial, com os têrmos acima enunciados. A *ponta e a base do limbo* ou dos *folíolos* mostram muitas vêzes configurações especiais que se sobrepõem aos contornos fundamentais. Os casos principais podem ser verificados pela figura anexa. (Compare: *Fig. 36.*)

Também a *margem* ou *bordo do limbo* das fôlhas mostra tão grande variedade de formas que forçou os naturalistas a

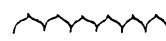
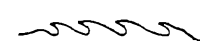



Fig. 36 — Morfologia da fôlha II. Tipos principais das fôlhas compostas. Ilustrações dos têrmos principais para a descrição da lâmina de fôlhas.

organizar uma nomenclatura especial, cujos têrmos principais constam da lista a seguir (Fig. 36).

Inteira — não apresenta configurações. A margem acompanha estritamente os contornos gerais do limbo.

Dentada — apresenta dentes regulares em forma de triângulos isósceles.

Duplodentada — como a anterior, mas com cada um dos dentes por sua vez dentado. Podem existir casos triplodentados, etc.

Serrada — com dentes formados por triângulos inclinados para o lado, como os dentes da serra.

Duplosserrada — como a anterior, com dentes serrados. Existe triplosserrada, etc.

Aculeada — com acúleos regulares na margem do limbo.

Crenada obtusa — incisa de tal maneira que forma excrescências arredondadas, sucessivas.

Crenada aguda — como a anterior, mas com um acúleo em cada excrescência.

Duplocrenada — como as anteriores, com cada excrescência crenada.

Ripada — com incisões côncavas, semelhantes a pequenas mordeduras regulares; forma crenada invertida.

Undulada ou *ondulada* — com curvas fracas e regulares, como ondas calmas.

Senuada — com curvas maiores, às vêzes irregulares.

Runcinada — com dentes recurvados e pontiagudos, ligados entre si por sulcos arredondados, semelhante à serra de cortar troncos.

Quanto às *nervuras*, distinguem-se os seguintes tipos de fôlhas (Fig. 37):

Uninérvea — cujo limbo apresenta uma nervura mediana bem visível. (Ex.: sagu-do-jardim — *Cycas revoluta.*)

Paralelinérvea — com nervuras paralelas, sem ramificações visíveis macroscòpicamente. É o tipo característico das Monocotiledôneas. (Ex.: capim.)

Peninérvea — com uma nervura mediana, mais grossa que as ramificações existentes. O aspecto total é semelhante ao do sistema de ramificações apresentado por uma pena de pássaro. (Ex.: laranjeira — *Citrus vulgare*, e muitas outras Dicotiledôneas.)

Palminérvea — com várias nervuras ramificadas, de espessura igual, que divergem do mesmo ponto da base do limbo. (Ex.: plátano — *Platanus orientalis.*)

Curvinérvea — com várias nervuras que divergem da base do limbo. As nervuras são quase paralelas, sendo as exteriores, que ficam perto da margem do limbo, mais curvas que as medianas. (Ex.: tibuchina ou flor-de-quaresma — *Tibouchina mutabilis*, e algumas outras espécies. É característica dos componentes da família das Melastomáceas.)

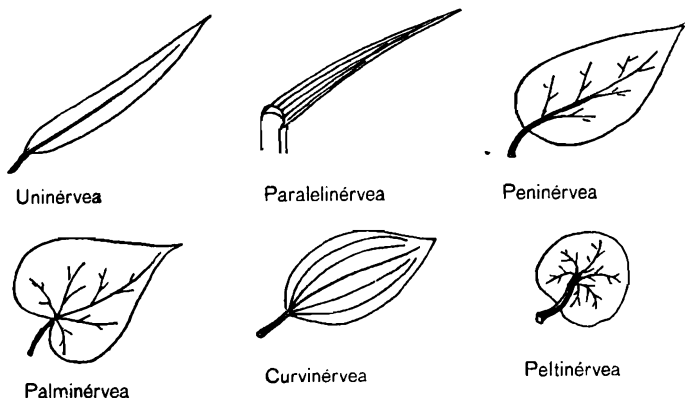



Fig. 37 — Morfologia da fôlha III; Tipos de nervuras.

Peltinérvea — é a nervura típica das fôlhas peltadas. Há várias nervuras iguais, que partem do ponto de inserção do pecíolo, isto é, do meio do limbo. (Ex.: capuchinho ou chagas — *Tropæolum majus.*)

Quanto ao *pecíolo*, as fôlhas podem ser sésseis, pecioladas, brevipecioladas ou longipecioladas.

Sésseis — são fôlhas sem pecíolos.

Pecioladas — fôlhas com pecíolos.

Brevipecioladas — fôlhas com os pecíolos mais curtos que a metade do comprimento do limbo.

Longipecioladas — fôlhas com pecíolos, no mínimo, tão compridos como o limbo.

6. §. Disposição das fôlhas no caule

(*Filotaxia*)

As fôlhas se distribuem no caule e nos galhos em posições regulares, que determinam o sistema de ramificação do caule. Se no caule houver uma única fileira de fôlhas, dizemos que guardam disposição *monóstica* (gr. *monos* = um só; *stíchos* = linha); se houver duas, *dística*; três, *trística*, etc.; se houver muitas, *polística* (gr. *polys* = muito). O lugar do caule em que se inserem uma ou várias fôlhas denominamos *nó*, e o espaço entre dois nós consecutivos, *internódio* ou *entrenó*. Com as indicações acima, encaramos o problema da disposição foliar de maneira primitiva e insuficiente. Pois, na taxinomia, reveste-se da maior importância a posição de cada fôlha relativamente às outras do mesmo vegetal. Neste sentido, distinguimos os seguintes tipos de disposições foliares: oposta, oposta-cruzada, verticilada e espiralada.

A disposição é *oposta* (Fig. 38, A) se houver um par de fôlhas mais ou menos diametralmente opostas em cada nó do caule e se todos os pares estiverem aproximadamente no mesmo plano.

A disposição é *oposta-cruzada* ou *oposta-decuzada* (Fig. 38, B) se cada par de fôlhas opostas formar uma cruz com cada par seguinte.

A disposição é *verticilada* se houver três ou mais fôlhas em cada nó do caule (Fig. 38, C).

A disposição é *alternante* ou *espiralada* (Fig. 38, D) se as fôlhas se inserirem numa helicóide que sobe em redor do caule. Nesta posição observa-se constância do ângulo de divergência entre as fôlhas consecutivas, desde que se trate dum

vegetal ereto sob iluminação homogênea de todos os lados. De acôrdo com a espécie de vegetal, o ângulo de divergência pode ser igual a $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$... O ângulo de

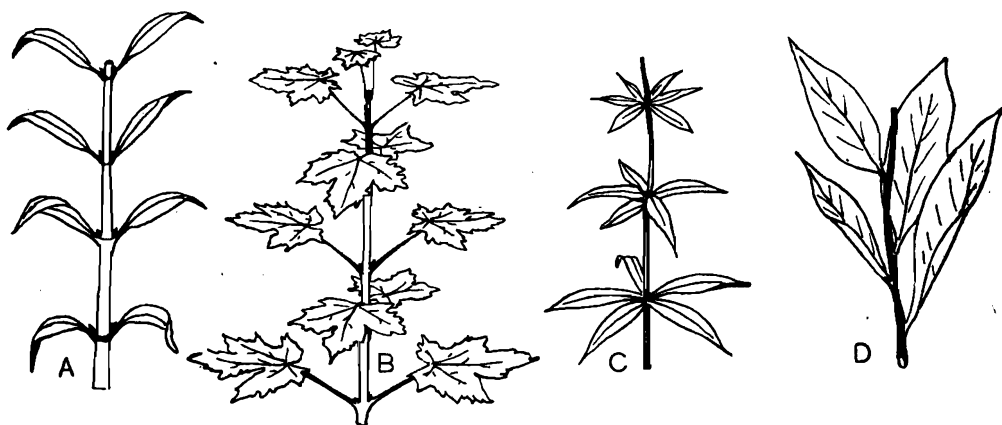



Fig. 38 — Disposição das fôlhas no caule. A — Disposição oposta. B — Disposição oposta-cruzada. C — Disposição verticilada. D — Disposição alternante ou espiralada.

divergência, por conveniência prática, é indicado em frações da circunferência inteira e não em graus. Se representarmos a disposição alternante em projeção ortogonal sôbre um plano, transformamos a helicóide numa espiral, na qual podemos marcar os lugares das fôlhas (Fig. 39). Na posição segundo ½ (Fig. 39, A), encontramos sempre a segunda fôlha exatamente sobreposta à fôlha da partida e, percorrendo uma volta inteira, encontramos 2 fôlhas. Na posição segundo $^2/_5$ (Fig. 39, C), temos que dar duas voltas na espiral e encontramos 5 fôlhas antes de localizar duas fôlhas exatamente sobrepostas, etc. O denominador da fração do *ângulo de divergência* indica sempre o número de fôlhas que se encontram e o numerador, as voltas que devem ser percorridas na espiral. Para a determinação prática do ângulo de divergência, valemo-nos do seguinte método: num galho da planta em estudo, de preferência nôvo e bem vertical, procuramos duas fôlhas exatamente sobrepostas, isto é, que se fazem sombra, e contamos o número de fôlhas intercaladas. Êste número mais um é o denominador do ângulo de divergência; para maior segurança na determinação do numerador é conveniente contar o número de voltas em redor do caule. Não é reco-

mendável proceder à contagem em caules velhos ou não verticais, pois, nestes, as fôlhas modificam a posição original para não fazerem sombra umas às outras destruindo em parte a disposição primitiva (*mosaico foliar*).

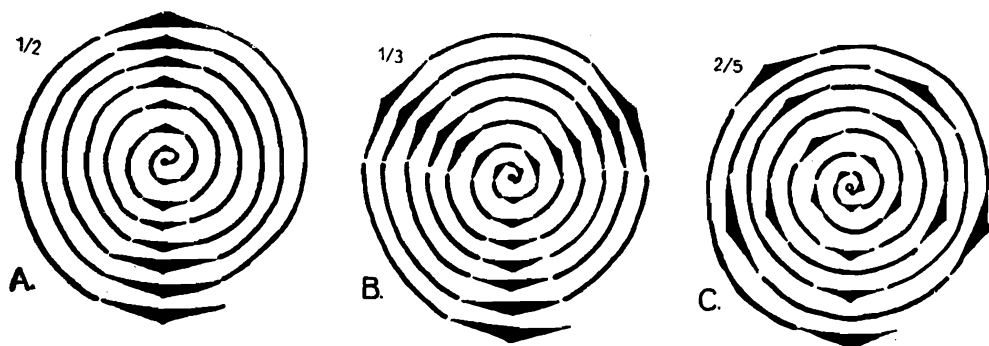



Fig. 39 — Diagramas da disposição alternante das fôlhas. A — Segundo 1/2; B — Segundo 1/3; C — Segundo 2/5.

II PARTE: ORGANOGRAFIA

CAP. II. O TALO

CAPÍTULO II

O TALO

O talo é o aparelho vegetativo característico dos talófitos e da fase gametofítica (haplóide) das plantas superiores, principalmente dos musgos e das samambaias, nas quais vive livre e independentemente. Pode ser uni ou pluricelular e apresenta formas as mais diversas, compostas por parênquimas ou pseudoparênquimas, mas nunca fôlhas, caules ou raízes com vasos lenhosos. Pseudoparênquimas são tecidos formados por fios entrelaçados, não ligados entre si pelas membranas celulares laterais.

A forma mais primitiva do talo é a bola. Dela se derivam as formas alongadas e filiformes que trazem ao vegetal a grande vantagem de aumentar a superfície relativa, fato êste que vem intensificar e facilitar a alimentação e as trocas osmóticas em geral, entre a planta e o ambiente. Nas plantas filiformes mais primitivas não se nota polaridade. Outras desenvolvem a divergência polar; possuem pontas que crescem e bases que se fixam. Os fios celulares podem ser simples ou ramificados. Nas espécies mais diferenciadas são achatados em formas de fitas e lâminas. Às vêzes, mostram diferença nítida entre uma parte de fixação, formada por fios celulares, simples, denominados *rizóides*, uma parte de sustentação denominada *caulóide*, e algumas partes para a assimilação do carbono denominadas *filóides* pela semelhança com os órgãos correspondentes do cormo (fôlhas). Nos musgos há caulóides, filóides e rizóides tão parecidos com os caules, fôlhas e raízes das plantas superiores, que sua natureza pode ser reconhecida e provada sòmente pela investigação microscópica (falta de vasos lenhosos, etc.).

O tamanho do talo é extraordinàriamente variável. Há formas microscòpicamente pequenas de organização simples ou complexa e outras, cujo tamanho excede 50 m de comprimento. (Algumas algas marinhas.)

II PARTE: ORGANOGRAFIA

CAP. III. O APARELHO REPRODUTOR

1. § Morfologia da flor
2. § Inflorescência
3. § Óvulos e sementes
4. § Morfologia dos frutos
5. § Esporângios e esporos
6. § Gametângios e gametas

CAPÍTULO III

O APARELHO REPRODUTOR

O aparelho reprodutor dos cormófitas é formado por esporângios ou por flôres, que produzem sementes. Flôres, sementes e frutos encontramos nos Espermatófitos. Esporângios presos nos esporófilos, isto é, nas fôlhas produtoras de esporângios, encontramos nos Pteridófitos (samambaias etc.).

O aparelho reprodutor dos talófitos pode ser formado por gametângios ou por esporângios. Por gametângios, quando se trata da reprodução sexuada e por esporângios, quando se trata da reprodução assexuada. Neste capítulo não consideramos as múltiplas modalidades de multiplicação vegetativa, existentes em todo o reino vegetal.

1. §. Morfologia da flor

Flor é o conjunto de fôlhas metamorfoseadas para fins de reprodução e dispostas em redor da extremidade dum caule ou galho. Destina-se à produção de sementes. As fôlhas podem apresentar disposição verticilada ou espiralada. No primeiro caso formam uma *flor cíclica* e no segundo, uma *flor espiralada* ou *espiro-cíclica*. (Ex.: flor cíclica — lírio; flor espiralada — todos os cactos.)

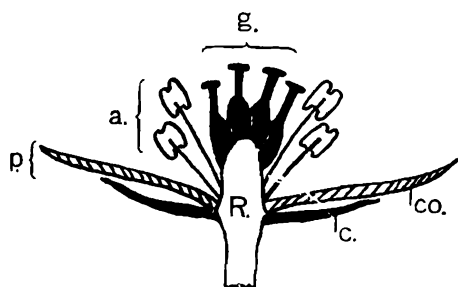



Fig. 40 — Corte longitudinal, esquematizado duma flor completa; a. = androceu; c. = cálice; co. = corola; g. = gineceu; p. = perigônio; r. = receptáculo. Original.

A flor completa (Fig. 40, exs.: rosa e magnólia) consta dos seguintes órgãos: *receptáculo* ou *eixo floral, gineceu, androceu* e *perianto* ou *perigônio.*

O *receptáculo* ou *eixo floral* tem posição central. Corresponde à parte do caule que entra na formação da flor. Pode ter forma de cilindro, de clava, de plano convexo, de disco, de bacia ou de urna e tipos semelhantes.

O *gineceu* (gr. *gyné* = mulher) é a parte feminina da flor. As fôlhas componentes, inseridas no eixo floral, chamam-se *macrosporófilos* ou *carpelos* (gr. *macrosporophyllon* = fôlha dos esporos grandes; *carpelon* = fôlha frutífera).

A *organização dos carpelos* é diferente nas Gimnospermas e nos Angiospermos (Fig. 41). O carpelo das GIMNOSPERMAS revela claramente sua natureza de fôlha. Às vêzes, como, p. ex., em *Cycas revoluta*, vulgarmente denominada sagu-do-jardim ou palma-de-ramo, possui um limbo igual ao das fôlhas vegetativas e um pecíolo que comporta os óvulos ou macrosporângios. *Óvulos* são corpúsculos ovóides que se transformam em sementes pela fecundação e subseqüente amadurecimento. Outras vêzes é reduzido à forma duma escama com alguns óvulos.

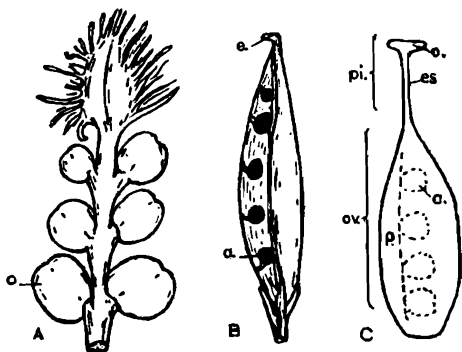



Fig. 41 — Carpelos. A — Macrosporófilo duma gimnosperma (*Cycas revoluta*). B — Vagem aberta (= macrosporófilo) duma ervilha. C — Esquema dum macrosporófilo dum angiospermo; e. = estigma; es. = estilete; o. = óvulo; ov. = ovário; p. = placenta; pi. = pistilo. Original.

O carpelo dos ANGIOSPERMOS é uma fôlha fechada que encerra os óvulos. A analogia das partes componentes apare-

ce ao comparar a vagem aberta da ervilha (Angiospermo) com o macrosporófilo do sagu-do-jardim (Fig. 41, A e B). O carpelo dos angiospermos compõe-se do *ovário*, com os óvulos, e de um prolongamento superior, denominado *pistilo*. O pistilo divide-se em *estigma* e *estilete*. O *estigma* é a porção superior destinada a receber e prender o pólen. O estilete é a haste que suporta o estigma. Muitas vêzes falta quase por completo. Outros autores usam o têrmo pistilo como sinônimo de carpelo e, às vêzes, do gineceu inteiro. O ovário com sementes maduras denomina-se *fruto*.

O gineceu pode ser formado por um único carpelo chamando-se, então, *unicarpelar* (Fig. 42, 1), ou por vários carpelos. Neste caso é denominado *pluricarpelar*. O gineceu pluricarpelar pode apresentar um ovário formado por carpelos independentes entre si ou um ovário formado pelo concrescimento dos ovários de cada um dos carpelos. No primeiro caso é *apocárpico* (Fig. 42, 2) e no segundo, *sincarpado*. No ovário sincarpado, cada carpelo pode guardar sua individualidade, formando uma cova separada — ovário *sincarpado, plurilocular* (Fig. 42, 3) — ou pode perdê-la pela dissolução das paredes

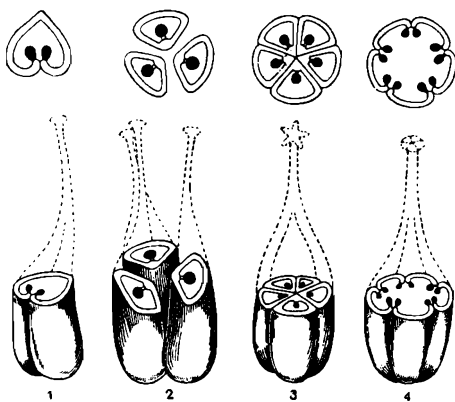



Fig. 42 — 1 Gineceu unicarpelar. 2 — Gineceu apocárpico. 3 — Gineceu sincarpado, plurilocular. 4 — Gineceu sincarpado unilocular. Em cima os respectivos cortes transversais.

separadoras, de modo que resulte uma única cova geral para os óvulos — ovário *sincarpado, unilocular* (Fig. 42, 4). — As covas do ovário denominam-se *lóculos*. Os óvulos estão fixos numa excrescência epidérmica do interior dos lóculos, denominada *placenta* por analogia com a placenta dos animais. Sua posição pode ser parietal ou central. É *parietal*, se ficar nas paredes do carpelo, oposta ao eixo floral (Fig. 43, 1 e 2).

É *central-angular*, se num ovário sincarpado, plurilocular, ficar entre os septos, em redor do eixo floral (Fig. 43, 3). É *central-livre*, se formar um corpo independente no centro dum ovário sincarpo, unilocular (Fig. 43, 4).

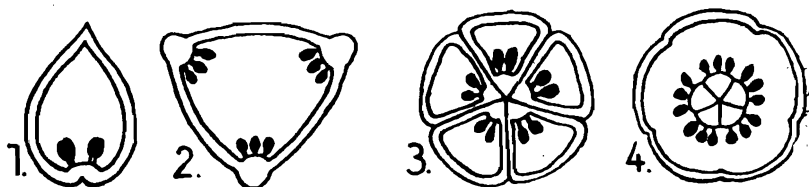



Fig. 43 — Placentação. 1 e 2 — Placentação parietal. 3 — Placentação central-angular. 4 — Placentação central-livre.

Muito importante para a descrição perfeita da flor é a *posição do gineceu* relativamente ao eixo floral e aos outros órgãos florais (Fig. 44). Se os carpelos se inserirem na parte mais alta do receptáculo e os outros órgãos florais mais abaixo, o *gineceu* leva o nome de *súpero* e, a *flor*, o de *hipógina* (Fig. 44, 1). Se os outros órgãos florais se inserem no eixo floral a meia altura dos ovários, dizemos que o *gineceu* é *médio* e a *flor*, *perígina* (gr. *perí* = em redor). (Fig. 44, 2 e 3.) O *gineceu* é denominado *ínfero* e a *flor*, *epígina* se os carpelos se inserem num nível inferior ao de todos os outros órgãos florais no receptáculo (Fig. 44, 4).

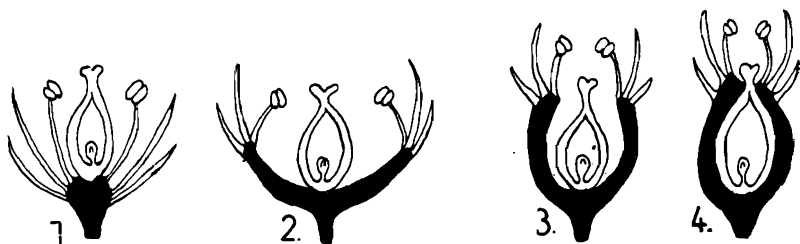



Fig. 44 — Posição do gineceu. 1 — Gineceu súpero (hipógino). 2 e 3 — Gineceu médio (perígino). 4 — Gineceu ínfero (epígeno). (Seg. F. W. SCHIMPER)

O *androceu* (gr. *anér* = homem) é a parte masculina da flor. Geralmente rodeia o gineceu, sendo considerado o segundo verticilo floral do centro para fora. As fôlhas componentes denominam-se *estames* ou *microsporófilos* (fôlhas dos esporos pequenos). Nas gimnospermas são verdadeiras fôlhas ou escamas que apresentam na superfície dorsal ou na margem inferior vários *microsporângios* ou *sacos polínicos*. Nes-

tes se desenvolvem pequenas células redondas, geralmente amarelas, denominadas *micrósporos* ou *pólen.*

Nos angiospermos alcançam sua organização definitiva. Nos casos típicos (Fig. 45), constam duma hastezinha delgada, chamada *filête*, encimada por uma parte larga e amarela, denominada *antera.* A antera apresenta simetria bilateral. Nos lados encontram-se duas partes iguais denominadas *tecas* ou *microsporângios.* Cada teca contém duas covas, chamadas *lojas*, nas quais se desenvolvem os *micrósporos* ou *grãos de pólen.* Ao amadurecer o pólen, fundem-se as duas lojas numa só e as tecas abrem-se por meio duma fenda longitudinal ou transversal, ou por poros. O pólen é libertado e transportado para o estigma duma flor, por meio do vento, de animais, da água ou, raras vêzes, pela própria gravidade. As duas tecas da antera são ligadas entre si por uma faixa central, chamada *conetivo.* No conetivo se insere o filête.

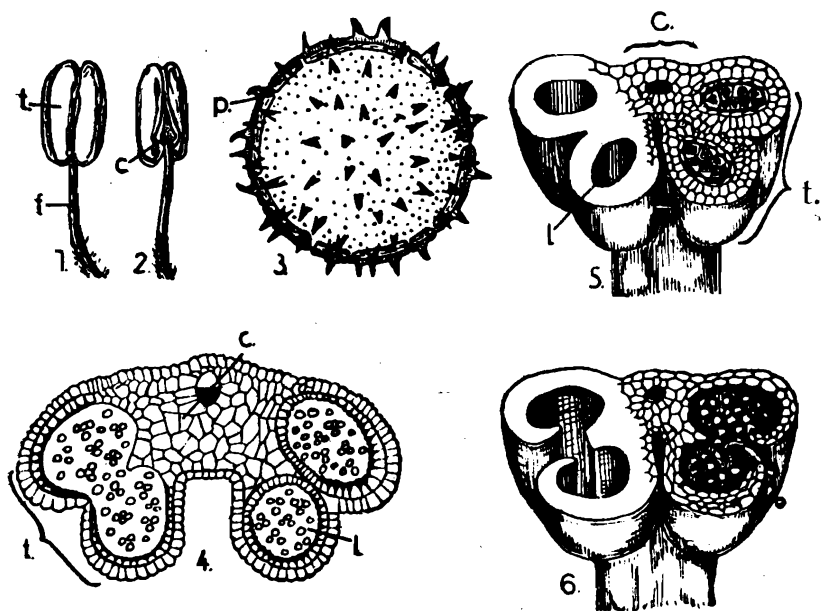



Fig. 45 — 1 — Estame visto de frente. 2 — O mesmo visto de trás. 3 — Grão de pólen duma Malvácea. 4 — Corte transversal duma antera. 5 — Antera cortada; mostra as lojas ainda independentes e na direita os tétrados de pólen. 6 — Antera cortada. As duas lojas unidas abriram-se por uma fenda lateral. À direita sai o pólen. c = conetivo; f. = filête; l. = loja; t. = teca; p. = poro de germinação. (1. - 2. seg. SCHIMPER; 3. seg. A. MEYER; 4 - 5 - 6. seg. BAILLON e LUERSSEN)

Os estames podem ter formas as mais diversas. Sempre são compostos por partes análogas às acima citadas. Às vêzes falta uma ou outra delas. Freqüentemente são estéreis ou parcialmente reduzidos, ou transformados em órgãos petalóides. Neste caso, recebem a denominação de *estaminódios*.

O androceu pode ser formado por estames livres, por estames concrescidos em vários grupos ou por estames concrescidos num grupo só. O concrescimento dos estames pode se dar nas anteras ou nos filêtes. Freqüentemente concrescem os filêtes num tubo comprido que levanta as anteras. Êste tubo é chamado *andróforo*. (Ex.: flor do mimo-de-vênus — *Hibiscus rosa sinensis.*) Um androceu composto por um único grupo de estames concrescidos é denominado *monadelfo*, quando composto de vários grupos de estames concrescidos chama-se *poliadelfo* (gr. *adelphós* = irmão).

Nas orquídeas e asclepiadáceas concrescem os estames com os carpelos do gineceu. O produto designa-se *coluna* ou *ginostêmio*.

Ao redor do androceu de uma flor completa fica o invólucro floral: o *perianto* ou *perigônio* (gr. *gonion* = órgão reprodutor; *ánthos* = flor). O perigônio pode ser formado por fôlhas brancas, coloridas ou verdes, tôdas iguais entre si. Neste caso dizemos que se trata de *perigônio* formado por *tépalas*. Muitas vêzes, há dois tipos de fôlhas no perigônio; umas exteriores e verdes; outras interiores, brancas ou coloridas. As fôlhas exteriores, verdes, denominamos *sépalas* e seu conjunto *cálice*. As fôlhas interiores, coloridas ou brancas são *pétalas* e seu conjunto toma o nome de *corola*.

As sépalas do cálice podem ser livres e independentes entre si ou concrescidas umas com as outras. O cálice formado por sépalas concrescidas chama-se *sinsépalo* ou *gamosépalo*.

A corola por sua vez pode ser formada por pétalas livres ou por pétalas concrescidas umas com as outras. No primeiro caso chama-se corola *coripétala* ou *eleuteropétala* e no segundo caso, *simpétala* ou *gamopétala* (gr. *chóros* = dança; *eleúteros* = livre; *sim* = juntos, unidos; *gamaístai* = casar).

A corola e até a flor inteira podem apresentar dois tipos de *simetria*: simetria radial ou bilateral. A flor radial possui mais que dois planos de simetria que passam através do eixo floral. Sua corola chama-se *actinomorfa* ou *regular* (gr. *actinós* = raio; *mórfos* = forma). A flor *bilateral-simétrica* ou *zigomorfa* (*irregular*) tem um ou, no máximo, dois planos de simetria. Também existem flôres completamente assimétricas. (Ex.:

Canna indica.) Grande importância se dá às formas e condições de simetria nas corolas simpétalas, que recebem denominações especiais (Fig. 46):

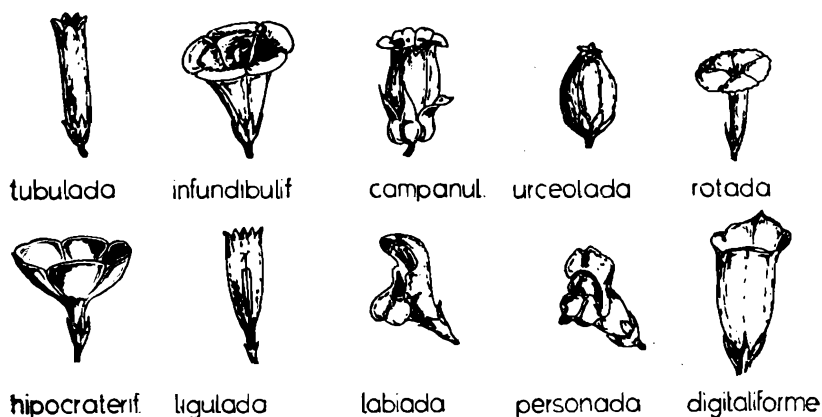



Fig. 46 — Tipos de tubos corolíneos, simpétalos.

Tubulada — é a corola cujas pétalas formam um tubo mais ou menos cilíndrico.

Afunilada ou *infundibuliforme* — corola que lembra a forma do funil.

Campanulada — em forma de sino.

Urceolada ou *gomilosa* — em forma de jarro, mais largo na parte média do que nas extremidades.

Rotada — em forma de roda, com raios formados pelas partes exteriores das pétalas; as partes inferiores das pétalas concrescidas imitam o eixo da roda.

Hipocraterimorfa — em forma de taça.

Todos os tipos acima citados são actinomorfos; citamos a seguir as corolas simpétalas zigomorfas:

Ligulada — corola com tôdas as pétalas soldadas numa única língua.

Labiada ou *biligulada* — corola com duas excrescências, semelhantes aos dois lábios da bôca.

Personada ou *mascarina* — imita o focinho dum animal (como a flor do bôca-de-leão) ou qualquer objeto característico.

Digitaliforme — corola simpétala semelhante ao dedo de luva.

Além disto, devem as flôres ser caracterizadas pelo *número de fôlhas encontradas em cada verticilo de cada órgão floral*, pois êstes números costumam ser constantes. A flor cujo número de fôlhas em cada verticilo de cada ou da maioria dos órgãos florais fôr dois ou múltiplo de dois chama-se *dímera;* com 3 fôlhas ou múltiplo de 3 — *trímera;* com 4 fôlhas ou múltiplo de 4 — *tetrâmera;* com 5 fôlhas ou múltiplo de 5 — *pentâmera;* com 6 fôlhas ou múltiplo de 6 — *hexâmera*; com número maior ou irregular de fôlhas — *polímera* (gr. *méros* = parte, unidade; *di* = dois; *tri* = três; *tétra* = quatro; *pénta* = cinco; *héxa* = seis; *poly* = muito).

A flor não precisa ter todos os órgãos acima descritos. Pode ser composta por um único estame, ou por um simples perianto. Apresenta-se sem androceu nem gineceu, em casos extremos. A flor sem perianto se denomina *aperiantada.* A flor com gineceu e sem androceu é *unissexual-feminina.* A flor com androceu e sem gineceu é *unissexual-masculina.* Para ambos os casos basta que o órgão floral dado como ausente seja estéril. A flor com androceu e gineceu férteis chama-se *hermafrodita* (*hérmes* = deus grego, muito viril; *afrodíte* = deusa dos gregos). As flôres hermafroditas são também denominadas *monoclinas*, e as unissexuais *diclinas* (gr. *kline* = leito).

As flôres unissexuais masculinas e femininas podem estar tôdas no mesmo pé duma espécie vegetal; o vegetal leva então o nome de *monóico*; ou podem estar reunidas em pés diferentes, sendo tôdas ora masculinas ora femininas; os vegetais do último tipo são considerados *dióicos* (gr. *oicós* = casa).

A flor sem androceu nem gineceu férteis, provida de perianto, é denominada estéril.

Para abreviar e facilitar a descrição sistemática de tôdas as particularidades da flor, usam-se duas maneiras de representação esquemática, ambas convencionais: os chamados diagramas florais e as fórmulas florais.

O *diagrama floral* (Fig. 47) é uma representação gráfica, esquematizada, de um corte transversal da flor ou, melhor, do botão floral. O pedúnculo que se transforma em eixo floral na sua extremidade superior, nasce na axila da f ô l h a, denominada *tegmento*. A linha traçada do caule em que se insere o tegmento para a nervura mediana do tegmento é representada no diagrama como direção mediana ou vertical. Nas flôres das dicotiledôneas há no pedúnculo floral, entre o tegmento e o cálice, duas brácteas, denominadas *prófilos* (= fôlhas antecedentes). Os prófilos indicam a horizontal do diagrama. Nas flôres das monocotiledôneas são substituídos pelo *prófilo adossado*, que é considerado produto do concrescimento dos dois p r ó f i l o s primitivos. As partes da flor pròpriamente dita são representadas por convenções gráficas, correspondentes aos cortes transversais das

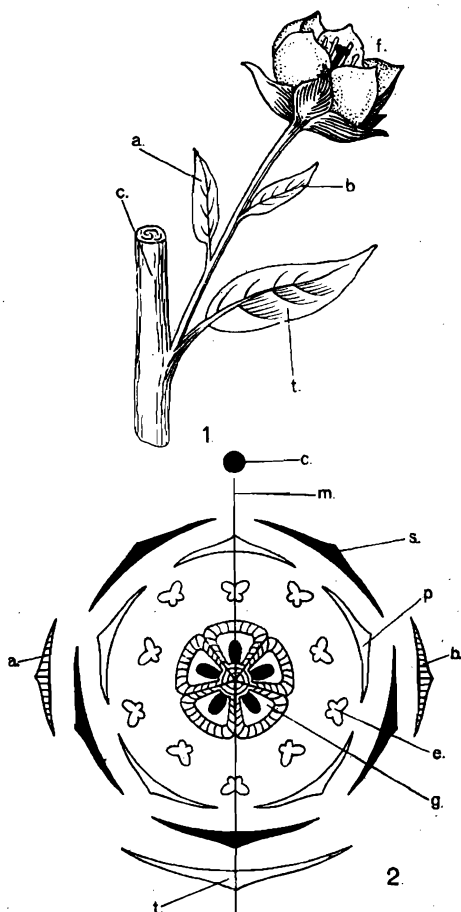



Fig. 47 — 1 — Flor esquematizada, vista do lado. 2 — Diagrama floral; a e b = prófilos; c. = caule; e. = estame; f. = flor; g. = gineceu plurilocular de cinco carpelos uniovulares; m. = direção mediana; p. = pétala; s. = sépala; t. = tegmento. O diagrama representa uma flor pentâmera, perfeita, pentacíclica, verticilada de simetria radial.

respectivas fôlhas. O concrescimento se indica por um traço de união entre as partes concrescidas. O diagrama floral apresenta com nitidez, à primeira vista, as condições numéricas, a composição, a simetria e placentação da flor. Por isto é muito usado na sistemática dos fanerógamos.

A *fórmula floral* consta de abreviações convencionais, correspondentes às letras iniciais maiúsculas de cada órgão floral, acrescidas do número de fôlhas componentes. O concrescimento é indicado por um parêntese em redor dos números. No fim da fórmula podem ser acrescentados os sinais: *, para indicar simetria radial e ·|· para indicar simetria bilateral, além das letras S, M, I para indicar a posição súpera, média ou ínfera do gineceu. Uma flor do tipo indicado pela Fig. 47, p. ex., apresentar-se-ia segundo a fórmula: C 5; K 5; A 5 + 5; G (5) * S. Não há possibilidade de demonstrar placentação.

2. §. Inflorescências

Qualquer planta fanerogâmica pode ter uma ou várias flôres. Se possuir muitas, estas podem estar dispostas de maneira completamente irregular, uma por uma, ou de maneira regular, em agrupamentos definidos. Às flôres isoladas ou distribuídas irregularmente chamamos *flôres solitárias*; os agrupamentos regulares denominam-se *inflorescências*. Sendo o eixo floral a extremidade do galho, é claro que a organização das inflorescências deve obedecer às mesmas leis que as ramificações do caule. Para sua classificação é necessário observar com rigor a disposição das fôlhas em cujas axilas nascem os pedúnculos florais e outros eixos da respectiva inflorescência. A estas fôlhas, quer se trate de tegmentos, quer de prófilos da flor, chamamos indistintamente *brácteas*.

De maneira geral distinguimos entre inflorescências racemosas e inflorescências cimosas. *Inflorescências racemosas ou indefinidas* são tôdas aquelas cujos eixos principais continuam crescendo depois de terem formado ramificações. Todos os galhos componentes têm crescimento indefinido durante o tempo de desenvolvimento da inflorescência. As flôres terminais — quando as houver — do eixo principal alcançam altura igual ou superior à das flôres terminais das ramificações. *Nas inflorescências cimosas ou definidas* termina o crescimento do eixo principal logo após ter emitido ramificações. Cada ramificação cessa o crescimento logo depois de ter formado galhos la-

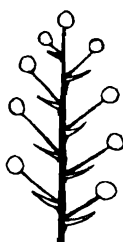
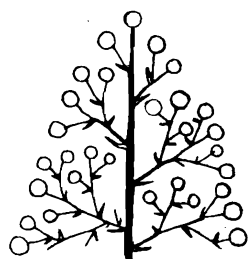
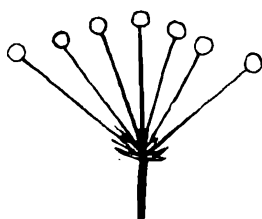
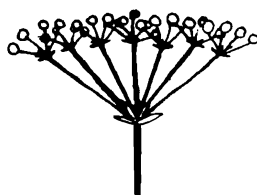
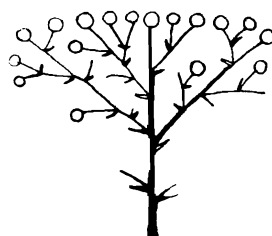
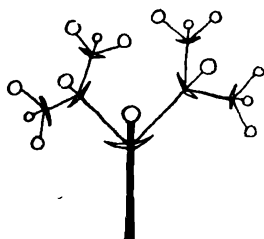
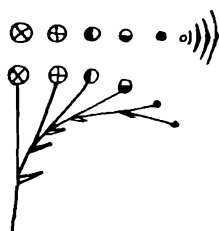
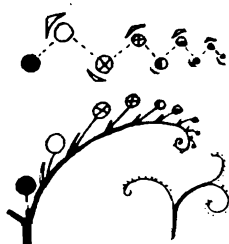
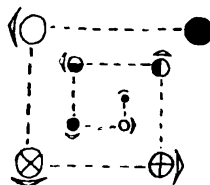



Fig. 48 — As principais inflorescências. f. — flor; b. — bráctea; r. — raque.

terais. As flôres terminais — se existirem — dos eixos mais antigos, alcançam nível inferior ou, no máximo, igual ao das flôres das ramificações subseqüentes.

Os principais tipos de *inflorescências racemosas* são os seguintes (Fig. 48):

Espiga (exemplo: aguapé — *Eichornia crassipes*; cravo-do-mato — *Tillandsia æranthos*), é uma inflorescência formada por um eixo principal, rodeado de flôres sésseis. O eixo principal recebe a denominação de *raque* ou *ráquis*. As flôres encontram-se nas axilas de brácteas geralmente alternantes. As espigas formadas por flôres unissexuais, com perigônios reduzidos e raque flexível e pendente, são chamados *amentilhos* (ex.: salso — *Salix spec.*). As espigas formadas por flôres unissexuais que rodeiam uma ráquis grossa e carnosa, são denominadas *espádices*. (Ex.: copo-de-leite ou cala — *Zantedeschia æthiopica.*) O espádice costuma ser acompanhado ou envolto numa bráctea grande denominada *espata*, capaz de imitar e substituir um perianto.

Cacho ou *racemo* (ex.: gravatá ou banana-do-mato — *Bromelia antiacantha*), difere da espiga sòmente pelas flôres pedunculadas, não sésseis. O cacho de forma ovóide pode ser denominado *tirso* ou melhor, *cacho tirsóide*.

Panícula (ex.: arroz — *Oryza sativa*; piteira — *Fourcroya gigantea*) é um cacho, cujas flôres são substituídas por cachos ou espigas de flôres ou então por panículas. Tìpicamente apresenta contornos de pirâmide; se fôr ovóide, chama-se *tirso* ou *panícula-tirsóide*.

Corimbo (ex.: grinalda-de-noiva — *Spiræ ariifolia* ou outras espécies) é uma panícula cujas flôres alcançam quase tôdas a mesma altura, formando um só plano florido. O aspecto é bem semelhante ao da umbela e do dicásio ou do pleiocásio. Para distinguir umas das outras destas inflorescências, é indispensável examinar a disposição das brácteas.

Umbela (ex.: oficial-da-sala — *Asclepias curassavica*; flor-de-cêra —*Hoya carnosa*) é uma inflorescência baseada na disposição verticilada das fôlhas. As brácteas formam um verticilo em redor do eixo principal e da axila de cada uma nasce uma ramificação terminada por uma flor. Tôdas as flôres alcançam a mesma altura aproximadamente, formando um só plano florido.

Umbela composta (ex.: salsa — *Petroselinum sativum;* cenoura — *Daucus carota,* e outras Umbelíferas) é uma umbela na qual tôdas as ramificações se encontram substituídas por umbelas ou até por umbelas compostas.

Capítulo (ex.: girassol — *Helianthus annuus;* zabumba — *Zinnia elegans;* dália — *Dahlia variabilis*) é uma inflorescência derivada de uma espiga com raque, encurtada, em forma de cilindro, disco, clava, urna, etc. As flôres acham-se tão perto umas das outras que a inflorescência se parece no todo com uma flor individual. As flôres marginais da inflorescência são muitas vêzes mais vistosas que as centrais e dão a impressão duma corola floral. As brásteas na base de cada flor podem existir ou faltar. Freqüentemente há muitas brácteas verdes, estéreis na base da inflorescência. Estas brácteas podem imitar um cálice. Capítulos pouco regulares ou compostos por flôres pedunculadas chamam-se *glomérulos* (ex.: maricá — *Mimosa sepiaria*). É provável que existam também capítulos derivados de inflorescências cimosas.

São as seguintes as principais *inflorescências cimosas* (Fig. 48):

Dicásio ou cimo-bíparo (ex.: tomate — *Solanum lycopersicum; joá — Solanum sisymbrifolium*) é uma inflorescência cimosa, baseada na disposição oposta-cruzada das brácteas. Consta de eixo principal, com ou sem flôres terminais, que emite duas ramificações ao mesmo tempo. Cada uma destas produz duas outras, e assim por diante. Cada par de galhos ocupa um plano perpendicular ao plano ocupado pelo par de galhos emitentes, anteriores. Sistema idêntico de organização encontramos no *pleiocásio* ou *cimo-multíparo* que é baseado na disposição verticilada das brácteas. Formam-se de cada vez mais que duas ramificações.

Ripídio (ex.: *Watsonia*) é um monocásio, derivado do dicásio pela supressão de um dos dois galhos, formados de cada vez. Alternadamente se suprime um galho à esquerda e outro à direita. As flôres devem ocupar aproximadamente o mesmo plano, se olharmos de cima. A inflorescência inteira apresenta forma semelhante a um leque ou tesoura de carnaval (gr. *rhipis* = leque).

Drepânio (ex.: frésia — *Freesea refracta,* e outras espécies) é um monocásio, derivado do dicásio pela supressão de um dos dois galhos, formados de cada vez. É cada vez o mes-

mo lado que sofre a redução; as flôres, vistas de cima, ocupam tôdas mais ou menos o mesmo plano. Vista de lado, a inflorescência tem forma semelhante à de uma lâmina de foice (gr. *drépanon* = foice).

Cicínio ou *cimo escorpióide* (ex.: miosótis — *Myosotis palustris*) *é um monocásio* caracterizado pelo enrolamento escorpioidal nas pontas e pela linha em ziguezague que formam as flôres, quando observadas de cima. Chama-se também cimeira-escorpioidal.

Helicóide, cimeira helicoidal ou bóstrix (ex.: gerânio — *Pelargonium zonale*) é uma inflorescência cimosa baseada na posição alternante das brácteas. Nos casos mais característicos apresentam um ângulo de divergência igual a ½. Vista de cima, apresenta as flôres consecutivas em disposição de hélice ou espiral.

As inflorescências dos vegetais podem apresentar um dos tipos simples acima descritos ou podem ser organizadas de maneira mais complexa. Quase todos os tipos acima descritos podem combinar-se com qualquer outro, formando sistemas de ramificação cuja análise requer paciência e boas qualidades de observador.

3. §. Óvulos e sementes

Os *óvulos* ou *macrosporângios* dos espermatófitos são corpúsculos ovóides, que se inserem na placenta dos carpelos

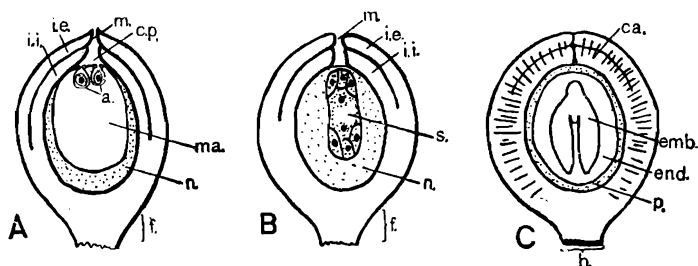



Fig. 49 — A — óvulo duma gimnosperma. B — óvulo dum angiospermo. C — Semente; a. = arquegônio; ca. = casca da semente; c.p. = câmara de pólen; emb. = embrião; end. = endosperma; f. = funículo; h. = hilo; i.e. = integumento exterior; i.i. = integumento interior; m. = micrópila; ma. = macroprotalo; n. = nucela; p. = perispermo; s. = saco embrionário. Seções longitudinais esquematizadas. Original.

das flôres. Têm o tamanho de alguns milímetros ou centímetros — há óvulos menores que um milímetro. Ao amadurecer, transformam-se em sementes.

A parte ovóide do óvulo está prêsa à placenta por intermédio do *funículo* (Fig. 49, A e B, f.). No interior contém um caroço chamado *nucela* (Fig. 49, A e B, n.). A nucela é protegida por duas películas envolventes, denominadas *integumento* ou *tegumento exterior* e *interior* respectivamente (Fig. 49, A e B, i.e. e i.i.). Os integumentos são interrompidos na extremidade livre do óvulo por uma pequena abertura: a *micrópila.* (Fig. 49, A e B, m.). A micrópila conduz a uma lacuna, situada por cima da nucela e denominada *câmara-de-pólen.* A parte inferior da nucela, pela qual penetram os feixes liberolenhosos existentes no funículo, recebe a denominação de *chalaza.*

No comêço do desenvolvimento do óvulo, nota-se que uma célula subepidérmica da nucela se destaca das outras pelo tamanho maior, pelo citoplasma mais denso e pelo núcleo mais desenvolvido. Esta célula é uma *célula-mãe-de-macrósporo.* Nesta fase, tôdas as células do óvulo, inclusive a célula-mãe-de-macrósporo, são diplóides. A célula-mãe-de-macrósporo divide-se em quatro células haplóides, sofrendo uma divisão redutora, seguida por uma divisão de equação. Três destas células degeneram; sòmente uma delas se desenvolve bastante à custa das outras. Esta célula haplóide é um *macrósporo* fértil; as outras três são consideradas macrósporos abortivos. O macrósporo germina na nucela e absorve a maior parte dos tecidos nucelares. Produz um gametófito ovóide denominado *macroprótalo* ou *saco embrionário.* O macroprótalo, produto do crescimento do macrósporo, ocupa a maior parte do lugar da nucela. Sua organização difere nas gimnospermas e nos angiospermos Nas gimnospermas (Fig. 49, A) compõe-se de muitas células e produz dois ou mais arquegônios que desembocam na câmara do pólen. *Arquegônios* são órgãos sexuais femininos, compostos por uma parte ventral, que abriga o gameta feminino ou oosfera, e um colo, cujo lúmen conduz à oosfera. O saco embrionário dos angiospermos (Figs. 49, B e 50, B) compõe-se de 7 células com 8 núcleos no máximo. (Há tipos diferentes com menos células e outro desenvolvimento.) No lado da micrópila ficam 3 células pequenas. Uma delas é o gameta feminino, a *oosfera*; as outras duas chamam-se *sinérgidas.* No lado oposto, ficam mais 3 cé-

lulas pequenas: as *antípodas*. Entre êstes dois grupos existe uma célula bastante maior que abriga dois núcleos, chamados *núcleos polares*. Núcleo polar superior é aquêle que fica perto da oosfera; núcleo polar inferior, o que fica perto das antípodas.

O amadurecimento do óvulo ou sua transformação em semente compreende três fenômenos diferentes: a polinização, a germinação do pólen e a fecundação. Êstes fenômenos diferem nos angiospermos e nas gimnospermas.

Polinização é o transporte do pólen dos microsporófilos para os macrosporófilos. Pode ser efetuada pelo vento, por animais ou até pela água.

O pólen das gimnospermas é geralmente transportado pelo vento. Vai diretamente das anteras para os óvulos. A micrópila dos óvulos aptos para a polinização exsuda uma gôta pequena dum líquido açucarado e viscoso que prende os grãos de pólen que o vento possa trazer. Pouco depois, as paredes no interior da micrópila e da câmara do pólen começam a absorver o líquido; com isso, a gotinha externa, cheia de pólen, é sugada para o interior da câmara do pólen.

Nos angiospermos o pólen não pode chegar diretamente aos óvulos, pois êstes se encontram fechados no ovário dos carpelos. A micrópila não pode funcionar. Na sua função receptora é substituída pelo pistilo. O pólen é transportado das anteras dos estames para os carpelos e depositado no estigma do pistilo. O estigma do pistilo é pegajoso ou de outra maneira adaptado para prender o pólen. Freqüentemente está coberto por tênue camada de um líquido açucarado e viscoso. A polinização pode efetuar-se pelo vento, por animais, por meios mecânicos ou pela água. É principalmente nas flôres polinizadas pelos insetos que encontramos periantos coloridos e vistosos e aroma característico. O aroma da flor é produzido por gotinhas de um néctar açucarado produzido pelas chamadas *glândulas nectaríferas*. As glândulas nectaríferas estão localizadas na base das pétalas, nas sépalas ou em outro lugar fora ou dentro da flor. Freqüentemente formam um *anel nectarífero* ao redor da base do gineceu. As glândulas nectaríferas situadas fora dos órgãos florais denominam-se *nectários extranupciais*.

Polinizada a flor, começa a *germinação do pólen*, que é despertado pelas substâncias açucaradas e talvez pelas enzimas presentes na câmara do pólen ou no estigma. O produto

da germinação do pólen é um fio mais ou menos comprido e delgado, denominado *microprótalo* ou *tubo polínico*. No interior do microprótalo origina-se um órgão chamado *anterídio* que produz dois gametas masculinos.

Nas gimnospermas passa-se o fenômeno acima descrito no interior da câmara do pólen. O microprótalo abre-se na ponta e põe os dois gametas em liberdade dentro do meio líquido aí existente. Os gametas podem ser *espermatozóides* (*anterozóides* de outros autores) com locomoção própria mediante flagelos, ou simples núcleos imóveis. No primeiro caso, um dêles alcança nadando a oosfera de um dos arquegônios e no segundo, é transportado para lá por intermédio do próprio tubo polínico.

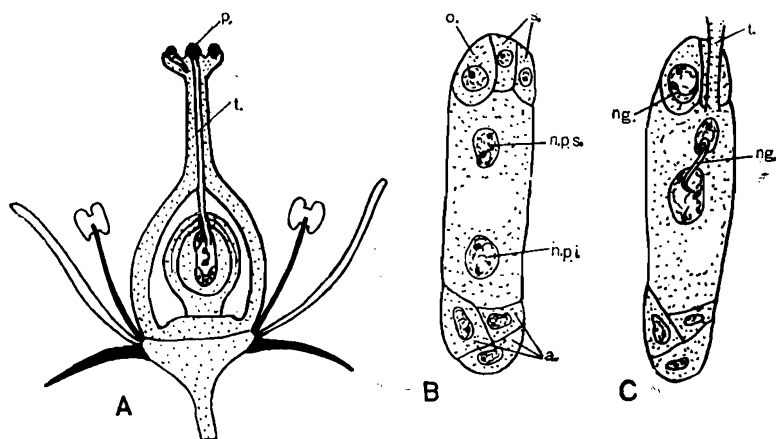



Fig. 50 — A — Flor polinizada no momento da fecundação (angiospermo). B — Saco embrionário dum angiospermo antes da fecundação. C — o mesmo no momento da fecundação; a. = antípodas; n. g. = núcleo generativo; n.p. s. = núcleo polar superior; n. p. i. = núcleo polar inferior; o. = oosfera; p. = grão de pólen; s. = sinérgidas; t. = tubo polínico ou microprótalo. Seções longitudinais, esquematizadas, bastante aumentadas. Orig.

Nos angiospermos o pólen germina em cima do estigma do pistilo e em conseqüência disto tem que crescer através de todo o comprimento do estilete até ao interior do ovário, onde

penetra na micrópila do óvulo e descarrega os gametas masculinos no interior do saco embrionário. (Fig. 50, A.) Os gametas são simples núcleos imóveis (*núcleos generativos*), nunca espermatozóides. A penetração do tubo polínico costuma destruir as sinérgidas. Em certos casos especiais acontece que o tubo polínico penetra pela chalaza do óvulo, fenômeno êste conhecido por *chalazogamia.*

Por *fecundação* compreendemos a fusão do núcleo do gameta feminino com o núcleo do gameta masculino. Ambos os gametas têm núcleos haplóides; são produtos dos gametófitos. Pela fusão dos dois núcleos haplóides origina-se um núcleo diplóide que produz um *embrião* (esporófito).

Nas gimnospermas sòmente se desenvolve a oosfera do primeiro arquegônio fecundado. Esta origina um embrião que ocupa a maior parte do macroprótalo (Fig. 49, C). Se a oosfera de outro arquegônio também ficar fecundada, é suprimida e absorvida pela anterior (salvo em casos anormais). O macroprótalo transforma-se num tecido de reserva, chamado *endosperma* primário. O resto da nucela, sob forma de finíssima película chamada *perispermo* ou *cutícula,* envolve o embrião no endosperma. Os integumentos endurecem e a micrópila fecha-se, constituindo a *casca da semente.* Ao conjunto chamamos *semente.*

Nos angiospermos, são dois os gametas masculinos depositados no interior do saco embrionário. (Fig. 50, B e C.) Um dêles se funde com o núcleo da oosfera e produz o embrião da semente. O outro se funde com os dois núcleos polares; do produto desta fusão nasce um tecido de reserva, chamado *endosperma secundário.* Os núcleos das células do endosperma são, no mínimo, triplóides, fato êste que continua sem interpretação, quer fisiológica quer evolucionista. As partes restantes do saco embrionário são absorvidas ou destruídas. O endosperma da semente pode ser muito ou pouco desenvolvido. Às vêzes falta por completo. O resto da nucela forma um perispermo, como nas gimnospermas e os integumentos dão origem à casca da semente. A constituição da semente madura é a mesma em ambos os casos.

O ovário com sementes maduras chama-se *fruto.*

Pela forma externa distinguimos três tipos de óvulos: átropos, anátropos e campilótropos.

O funículo, a chalaza, o saco embrionário e a micrópila formam uma linha reta nos *óvulos átropos ou ortótropos* (Fig. 51, 1) (gr. *trépo* = curvar; *a* = negação; *orthós* = retilínea-

mente). Os *óvulos anátropos* (Fig. 51, 2) são recurvos (gr. *aná* = para baixo ou para cima). A chalaza, o saco embrionário e a micrópila acham-se em linha reta, paralela ao funículo. A micrópila desemboca junto ao funículo. Os *óvulos campilótropos* (Fig. 51,3) apresentam-se curvados também na nucela e no saco embrionário. A micrópila desemboca junto ao funículo e junto à chalaza (gr. *campilós* = curvo, curvilíneo).

Fig. 51 — Cortes longitudinais, esquematizados de óvulos de angiospermos. 1 — óvulo átropo ou ortótropo. 2 — óvulo anátropo. 3 — óvulo campilótropo. c. = chalaza; f. = funículo; i. e. = integumento externo; i. i. = integumento interno; m. i. = micrópila; n. = nucela; r. = rafe; s. = saco embrionário.

Os óvulos das gimnospermas são sempre átropos e geralmente se acham protegidos por um integumento simples, não duplo. Os óvulos dos angiospermos podem apresentar qualquer um dos três tipos indicados e possuem integumento exterior e integumento interior.

4. §. Morfologia dos frutos

Frutos são ovários amadurecidos. Contêm sementes. A casca dos frutos é constituída pela parede dos ovários dos carpelos. Há frutos sòmente nos angiospermos, nunca nas gimnospermas.

Muitos frutos se abrem depois de certo tempo, largando as sementes através de aberturas especialmente produzidas para tal fim: são os *frutos deiscentes*. Outros não libertam as sementes a não ser por apodrecimento das paredes do ovário: são os *frutos indeiscentes*.

Os frutos deiscentes e indeiscentes são classificados pela consistência da casca e o número de carpelos componentes. Os frutos com casca carnosa, coriácea ou fibrosa chamam-se *frutos carnosos*. Frutos com casca lenhosa, paleácea, pergaminosa, etc., chamam-se *frutos secos*. A deiscência, a consistência da casca e o número de carpelos componentes são os caracterís-

ticos nos quais se baseia a descrição dos frutos. A forma externa sòmente poucas vêzes entra em discussão neste assunto.

Os principais tipos de *frutos secos* são (Fig. 52):

Aquênio — fruto indeiscente, formado por um único carpelo com uma só semente. A casca é geralmente dura, lisa e dotada, às vêzes, de excrescências em forma de espinhos, farpas, etc. (Ex.: girassol — *Helianthus annuus.*)

Bolota — é um aquênio dotado de cúpula que pode ser originado do cálice ou do eixo floral. (Ex.: carvalho — *Quercus pedunculata,* e outras espécies; canelas dos gêneros *Ocotea* e *Nectandra.*)

Cariopse — um aquênio especial em que a casca da semente se encontra concrescida com a casca do fruto, formando uma unidade que não se separa. (Ex.: trigo — *Triticum vulgare,* e outras gramíneas.)

Folículo — é um fruto sêco, deiscente, oriundo dum gineceu apocarpo. Cada carpelo forma um fruto isolado que se abre por uma fenda ventral e contém uma ou várias sementes. (Exs.: magnólia — *Michelia* (*Magnolia*) *champacca,* e outras espécies; espora — *Delphinium ajacis.*)

Cápsula — é um fruto sêco deiscente, formado por vários carpelos sincarpados. Abre-se por fendas nas paredes externas (*cápsula loculícida*) ou por fendas entre os septos separadores (*cápsula septícida*) ou por ruptura dos septos (*cápsula septífraga*). (Exs.: paineira — *Chorisia speciosa*; açoita-cavalos — *Luehea divaricata.*) Há também *cápsulas porícidas* que se abrem por poros em cada carpelo. (Ex.: papoula — *Papaver rhœas,* e outras espécies.)

Legume ou vagem — é um fruto sêco deiscente; consta de um único carpelo com uma ou várias sementes. Abre-se por duas fendas que seguem as suturas ventral e dorsal. A casca do fruto divide-se em duas valvas. (Ex.: feijão — *Phaseolus vulgaris,* e outras Leguminosas.)

Síliqua — difere da vagem por ser formada de dois carpelos, separados por um septo, no qual estão as sementes. (Exs.: jacarandá — *Jacaranda mimosæfolia*; ipê — *Tabebuia ipe,* e outras Bignoniáceas; rabanete — *Raphanus sativus.*)

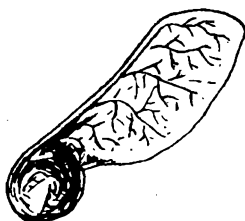
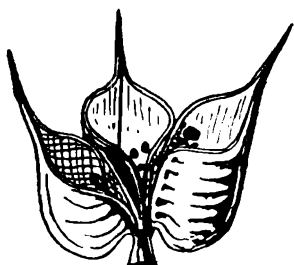
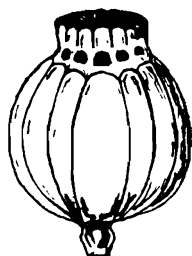
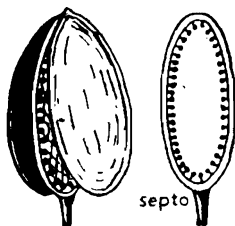
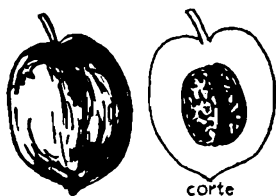



Fig. 52 — Frutos de angiospermos.

Pixídio — uma cápsula cujos carpelos se abrem por uma tampa comum. (Ex.: castanha-do-pará — *Bertholletia excelsa*; eucalipto — *Eucalyptus globulus* e outras espécies.)

Sâmara — fruto sêco deiscente ou indeiscente munido de uma ou várias asas membranáceas. Pode ser derivado duma cápsula ou duma vagem. (Ex.: tipa — *Tipuana tipu*; vassoura-vermelha — *Dodonæa viscosa.*)

Lomento — assim se chamam as vagens e síliquas articuladas que se destacam em pedaços monospérmicos em vez de se abrirem de maneira normal. Também se denominam *vagens lomentáceas* ou *síliquas lomentáceas*, respectivamente. (Ex.: maricá — *Mimosa sepiaria.*)

Os *frutos carnosos* podem ser:

Bagas — formadas por um ou vários carpelos com vários caroços que contêm uma semente. Podem ser indeiscentes ou deiscentes. (Ex.: uva — *Vitis vinifera.*)

Drupas — formadas por um ou vários carpelos sincarpados e que contêm uma única semente (às vêzes duas ou mais por anomalia) dentro de seu caroço duro. A casca geralmente apresenta três camadas. A exterior ou *epicárpio* é veludosa ou membranácea; a média, chamada *mesocarpo* é carnosa ou fibrosa; e a interior, o *endocárpio*, é dura e lenhosa. (Ex.: pêssego — *Prunus persica;* côco da Bahia — *Cocos nucifera.*)

Além dos frutos acima descritos, há ainda formas especiais em que outras partes da flor ou até a inflorescência entram na formação da unidade vulgarmente chamada fruta. No ananás, a parte comestível é constituída pelos eixos florais, pelos eixos da inflorescência e pelas sépalas. No figo é sòmente o eixo da inflorescência que forma a urna carnosa e comestível, sendo que a parte vermelha no interior contém as flôres e os frutos reais. Êstes pseudofrutos, cientìficamente, se chamam *sincárpios* ou *frutos sincarpados.*

5. §. Esporângios e esporos

Esporângios são os órgãos da reprodução assexuada. São formados de uma ou várias células. No seu interior, que cos-

tuma ser unilocular (sem subdivisão por membranas), se produzem pequenos corpúsculos unicelulares, os chamados *esporos.*

Os *esporângios dos Talófitos* são sempre unicelulares. Sua parede é formada pela própria membrana celular. No interior formam-se um ou vários esporos. Cada esporo é constituído por um núcleo haplóide, rodeado pelo citoplasma, substâncias de reserva e eventuais cromatóforos. O esporo é envolto por uma membrana simples ou dupla. Se a membrana fôr dupla, chamamos a interior de *intina* e a exterior de *exina.* As substâncias da reserva são grãos de amilo e gôtas de óleo. Os esporos são muito pequenos, invisíveis a ôlho nu, arredondados e desprovidos de locomoção própria. (Fig. 53, B.) Sua germinação produz um vegetal haplóide, gametofítico. Sòmente em casos excepcionais há esporos com núcleos diplóides, que têm um desenvolvimento especial.

Grande número de Talófitos aquáticos forma esporos com locomoção própria por meio de flagelos ou cílios. Tais esporos, constituídos por um núcleo haplóide, substâncias de reserva, citoplasma e cromatóforo eventual, são rodeados por uma membrana simples na qual se inserem um, dois ou vários flagelos. Chamam-se *zoósporos.* Os esporângios em que se formam se denominam *zoosporângios.* (Fig. 53, A). Os zoósporos dos vegetais pluricelulares fixam-se num substrato sólido por meio dos flagelos, perdem os flagelos, e, a seguir, desenvolvem novas plantas de sua espécie.

Fig. 53 — Esporângios. A — Zoosporângio duma Saprolegniácea (bolor aquático) no momento da abertura; z. = zoósporo. B — Esporângio do bolor comum do pão (*Mucor mucedo*) com esporos. C — Esporângio duma samambaia (*Aspidium filix-mas*); e. = esporo. Esquematizado e muito aumentado. Orig.

Os *esporângios* dos Pteridófitos (samambaias, etc.) são pluricelulares. As paredes são formadas, no mínimo, por uma camada de células. No seu interior unilocular desenvolvem numerosos esporos. Os esporos, constituídos de núcleo haplóide, citoplasma, substâncias de reserva e uma membrana envolvente dupla ou tripla, podem ser arredondados, tetraédricos ou da forma de uma quarta parte de maçã (Fig. 53, C, e.). Os esporângios são sempre produtos das células epidérmicas do esporófito (exceto nos Briófitos).

As espécies *isosporadas* (gr. *ísos* = igual) possuem um único tipo de esporos que se desenvolvem da seguinte maneira: no interior de um esporângio crescem células arredondadas que se tornam mais ou menos livres. Seus núcleos diplóides ficam maiores que os núcleos das demais células vegetativas e seu citoplasma mais denso. Constituem o chamado *tecido esporógeno*; cada uma destas células é denominada *célula-mãe-de-esporos*. Cada célula-mãe-de-esporos se divide em 4 células haplóides, por meio duma divisão redutora, seguida de divisão somática. Cada uma destas 4 células reforça a sua membrana e constitui um esporo. Êstes esporos, ao germinarem, originam plantas gametofíticas.

As espécies *heterosporadas* (gr. *héteros* = diferente) possuem dois tipos de esporos; um maior, de sexo feminino, chamado *macrósporo*; e um menor, de sexo masculino, chamado *micrósporo*. Os esporângios produtores de macrósporos chamam-se *macrosporângios* e os esporângios podutores de micrósporos chamam-se *microsporângios*. Os micrósporos desenvolvem-se de maneira idêntica aos esporos das espécies isosporadas. Cada célula-mãe diplóide produz 4 micrósporos haplóides. Nos macrósporos o aumento de tamanho faz-se a expensas do número de esporos formados. Cada microsporângio produz numerosos micrósporos; cada macrosporângio, 4 ou 1 macrósporo sòmente. Nas *Selagineláceas* formam-se em cada macrosporângio 4 macrósporos, provenientes da única célula-mãe que se desenvolve. Nas *Hidropteridíneas* êste número se reduz a um só, pois dos 4 macrósporos originalmente formados, degeneram três em favor de um único, fértil.

Os *Espermatófitos* (plantas com flôres) são todos heterosporados. Seus macrosporângios são os óvulos, nos quais existe um único macrósporo, como nas Hidropteridíneas. Seus microsporângios são as lojas das anteras dos estames, respectivamente os sacos polínicos. Os numerosos grãos de pólen no seu interior correspondem aos numerosos micrósporos no interior dos microsporângios das samambaias heterosporadas. O macrósporo não é pôsto em liberdade, como nas samambaias. Germina no interior do óvulo. O produto de sua germinação é o *macroprótalo* ou *saco embrionário*.

6. §. Gametângios e gametas

Gametângios são células ou conjuntos de células que, no seu interior, produzem gametas. São órgãos sexuais. *Gametas*

são células haplóides, completas, ou simplesmente núcleos haplóides. Podem apresentar flagelos ou cílios para locomoção num meio líquido ou podem ser desprovidos de órgãos de locomoção. Os gametas efetuam a reprodução sexuada. Dois gametas se fundem completamente, dando origem a uma célula diplóide que desenvolve nova planta esporofítica. Ao fenômeno da fusão dos gametas chamamos de *fecundação* ou *ato sexual*, pròpriamente dito.

Nos organismos mais primitivos não há diferença morfológica entre gametas masculinos e femininos ou entre gametângios femininos ou masculinos. Os gametas e gametângios são iguais entre si na forma, organização e tamanho. Sua reprodução sexuada é *isogâmica* e tem o nome de *isogamia.*

Outros sêres vivos possuem dois tipos de gametas, uns maiores e outros menores. Os maiores chamam-se *macrogâmetas*; atribui-se-lhes sexo feminino. Os menores denominam-se *microgâmetas*; atribui-se-lhes sexo masculino. Os gametângios produtores de mocrogâmetas são *macrogametângios* e os gametângios produtores de microgâmetas, *microgametângios.*

Se a fecundação em certa espécie de organismo vivo se efetuar por gametas desiguais no tamanho, mas iguais na forma e organização, dizemos que se trata de *anisogamia.* Se, além da diferença de tamanho, também houver diferenças na organização dos dois gametas, dizemos que se trata de *heterogamia.*

Nos casos característicos de heterogamia existe um macrogâmeta imóvel, denominado *oosfera* e um microgâmeta dotado de locomoção própria mediante flagelos ou cílios, denominado *espermatozóide* (*anterozóide* de outros autores). A oosfera chama-se também *ôvo-célula.* Não se recomenda o uso da palavra "óvulo", muito usada em Zoologia, para a denominação de macrogâmeta, pois daria margem a mal-entendidos por causa dos macrosporângios (= óvulos) das plantas floridas.

Os *gametângios* dos Talófitos são formados por uma célula ou por um conjunto de células. Sempre são envoltos pela simples membrana celular e seu interior pode ser unilocular ou plurilocular produzindo um ou vários gametas.

Nos casos de heterogamia (Fig. 54, A), é costume chamar-se o macrogametângio de *oogônio* e o microgametângio de *anterídio.*

A reprodução sexuada das plantas superiores (*Archegoniatæ* e *Spermatophytæ*) é sempre heterogâmica. Os gametângios são sempre pluricelulares, formados por um tecido de células gametógenas, rodeado por um tecido de, no mínimo, uma camada de células estéreis (não mortas).

Os microgametângios denominam-se *anterídios* (Fig. 54, B). Os anterídios são produtos de uma única célula da epiderme dum gametófito. Geralmente são redondos ou claviformes. No seu interior existe um tecido de células cúbicas, com núcleos bem desenvolvidos e citoplasma muito denso: *o tecido espermatógeno*. Cada célula do tecido espermatógeno transforma seu conteúdo vivo num microgâmeta, que pode ser um espermatozóide com flagelos ou um simples núcleo. Os microgâmetas compostos por um núcleo haplóide sòmente, sem outras partes de célula normal, chamam-se *núcleos generativos*. O tecido espermatógeno pode compor-se de muitas células, no mínimo de duas.

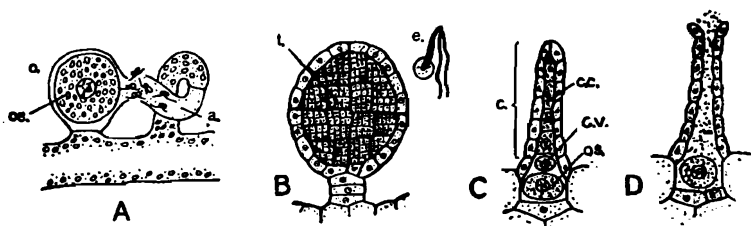



Fig. 54 — A — Gametângios da Vaucheria (alga-verde); a. = anterídio; o. = oogônio; os. = oosfera. B — Anterídio dum musgo; t = tecido espermatógeno; e. = espermatozóide. C = Arquegônio fechado dum musgo; c = colo; c. c. = célula do canal do colo; c. v. = célula do canal ventral; os. = oosfera. D — O mesmo arquegônio aberto. Esquematizado e muito aumentado. Original.

Os macrogametângios denominam-se *arquegônios*. Também são produtos de uma única célula epidérmica de um gametófito. Sua forma primitiva aparece bem nos musgos (Fig. 54, C). Têm forma semelhante à de uma garrafa de gargalo comprido. A parte basal denomina-se *ventre*. Contém a *oosfera* e uma *célula-do-canal-ventral*. No *colo* há uma ou várias *células-do-canal-do-colo*. A oosfera e as células dos canais distinguem-se das células vegetativas da parede do arquegônio e da epiderme do respectivo gametófito pelos núcleos maiores e a maior densidade do citoplasma, o qual nas lâminas de observação tingidas aparece com côr mais escura. O arquegônio abre-se (Fig. 54, D) por geleificação das células da ponta do colo, das células do canal do colo e da célula do canal ventral. Tôdas elas se transformam numa massa gelatinosa que facilita a penetração dos espermatozóides até a oosfera.

Nos *angiospermos* não há arquegônios. Os arquegônios são substituídos por uma simples oosfera existente numa das extremidades do saco embrionário.

III PARTE: FISIOLOGIA

CAP. I. O METABOLISMO DOS VEGETAIS

1. § A água
2. § Os Elementos Minerais
3. § Os Elementos Orgânicos

FISIOLOGIA

A Fisiologia tem por finalidade estudar os fenômenos funcionais que se relacionam com a vida. Fundamentalmente, não há diferença entre Fisiologia Animal e Vegetal. Tanto animais como vegetais são sêres vivos com uma constituição determinada pelos fatôres hereditários e que se desdobram durante o desenvolvimento individual, sofrendo as influências do meio ambiente. Êste jôgo entre fatôres externos e internos na forma de ações e reações é de máxima importância para todos os processos fisiológicos. A faculdade de poder reagir, a excitabilidade, caracteriza todos os sêres vivos. Deve-se tomar em consideração, porém, que a relação existente entre excitação (estímulo) e reação, no campo biológico, é muito mais complexa que a observada em processos físicos e químicos. A reação de um organismo vivo sôbre um determinado fator, varia com as condições internas do mesmo. Por outro lado, pode reagir de maneira idêntica sob o efeito de fatôres diferentes.

As reações dos organismos vegetais estão ìntimamente ligadas à autoconservação do indivíduo pela auto-regulação, fenômeno típico de todos os processos fisiológicos.

A base do estudo da Fisiologia é a observação e descrição dêstes processos como resultado de uma experimentação sistemática.

CAPÍTULO I

O METABOLISMO DOS VEGETAIS

A Fisiologia do metabolismo estuda as transformações químicas e físicas das células e órgãos dos vegetais, intimamente ligadas aos fenômenos da vida. Tanto a energia necessária para todos os processos vitais como o material para a síntese da matéria orgânica, provêm da corrente de substâncias que, procedente do exterior, passa continuamente por tôdas as células vivas. Sòmente na base de uma transformação contínua das substâncias há continuidade de vida.

1. §. A água

A água é o elemento indispensável à vida do vegetal. Privá-lo dêste elemento significa a morte. Sòmente algumas plantas inferiores, como musgos e líquens, esporos, zigotes e muitas das sementes das plantas superiores, podem resistir à sêca durante um período mais prolongado, num estado de vida latente. Encontramos a água no organismo vegetal como meio dispersante dos elementos minerais e coloidais, como veículo das substâncias nela dissolvidas e como parte integrante das próprias moléculas orgânicas. Mantendo as células turgentes, contribui ainda para a estabilidade mecânica em muitos vegetais, pois sua falta faz a planta murchar. O vegetal absorve a água do meio ambiente. Nas plantas aquáticas esta absorção é efetuada por tôda a superfície. Os vegetais terrestres retiram a água do solo por meio dos pêlos absorventes da raiz. É também comum a absorção direta da água da chuva ou do orvalho através das fôlhas molhadas.

A *absorção* tem sua origem em fenômenos físicos controlados pelas células vivas: na embebição, na difusão em suas diversas modalidades e na permeabilidade.

A *embebição* pode ser definida como um processo pelo qual

a água é absorvida por substâncias coloidais, p. ex. pelos géis orgânicos. É acompanhada pelo intumescimento da substância. A fôrça que provoca a embebição é a adsorção da água às partículas (micelas) dos colóides. Com o aumento da camada hídrica as micelas ficam cada vez mais afastadas umas das outras até que as suas fôrças de atração sejam superadas. Assim, o gel transforma-se em sol. O grau de inchação varia de acôrdo com a substância submetida ao processo. As fôrças desenvolvidas são consideráveis, chegando em alguns casos a centenas de atmosferas.

Mede-se o grau de inchação pelo aumento do volume ou do pêso. A importância da embebição como fase inicial da absorção da água pelos vegetais, manifesta-se visìvelmente nas sementes. Devido à água absorvida por embebição, despertam do estado latente e iniciam a germinação. Aumentam várias vêzes o seu tamanho.

A *difusão* é um fenômeno caracterizado pela tendência que têm as partículas (micelas, moléculas, iontes) de duas substâncias de concentração ou qualidades diferentes, de se misturarem até que se estabeleça um equilíbrio. A causa do fenômeno reside no movimento desordenado e contínuo, próprio de tôdas as moléculas. A velocidade de difusão depende do espaço livre entre as moléculas, sendo maior se o espaço fôr maior. Por isso, os gases se difundem mais ràpidamente que os líquidos e êstes, mais do que os sólidos.

Tratando-se de soluções de concentrações diferentes, a velocidade de difusão é proporcional à diferença destas, ao tempo decorrido e à superfície da área de contato entre as soluções. A difusão se dá sempre na direção da concentração mais fraca. É digno de nota que é muito mais rápida sôbre distâncias pequenas do que sôbre distâncias longas, como demonstra a Tabela 1.

TABELA 1

Velocidade de Difusão de Fluoresceína

Tempo	1"	10"	1'	30'	1h	24h	360d
Distância percorrida em mm	0,087	0,275	0,675	3,71	5,23	25,6	486

Tomando-se em consideração que o organismo vegetal é composto de células microscòpicamente pequenas, é fácil imaginar o papel importante da difusão no transporte rápido da água dentro das células e de célula em célula, pois se trata de distâncias muito pequenas. Por outro lado, não influi muito no transporte da água a distâncias longas, como, por ex., da raiz às fôlhas.

A *osmose* deve ser considerada como uma modalidade de difusão que se dá quando duas soluções são separadas por uma membrana. Se esta membrana é *permeável* para qualquer molécula presente, independente de seu tamanho, estas moléculas se difundem através da membrana nas duas direções até que se estabeleça o equilíbrio. Tratando-se, porém, de uma membrana *semipermeável*, ou melhor, parcialmente permeável, passam apenas as moléculas de tamanho muito pequeno como as da água, enquanto as moléculas dos solutos ficam retidas. Mergulhando um recipiente com uma solução de açúcar e cujo fundo seja fechado por uma membrana semipermeável, em água, verifica-se que sòmente a água se difunde livremente, enquanto as moléculas do açúcar são retidas no interior do recipiente.

As moléculas do açúcar exercem pressão sôbre as paredes do mesmo. A esta pressão chamamos de *pressão osmótica*. Havendo neste caso um maior número relativo de moléculas de água fora do recipiente, as moléculas da água tendem a se difundir para dentro do mesmo, para estabelecer o equilíbrio. Isto tem por conseqüência um aumento do volume da solução de açúcar simultâneamente com uma diluição da mesma. Em se tratando de duas soluções de concentrações diferentes, separadas por uma membrana semipermeável, a água se difunde sempre na direção da solução mais concentrada. Pode-se medir a pressão osmótica de uma solução, fechando hermèticamente o recipiente e ligando-o a um manômetro. Êste subirá até que a pressão hidrostática seja igual à pressão exercida pela solução, quer dizer, à pressão osmótica da mesma. Existem membranas semipermeáveis no organismo animal e vegetal (membrana plasmática). Foi PFEFFER quem estabeleceu as leis da osmose dos líquidos, usando uma célula de barro munida de uma membrana semipermeável artificial de ferrocianeto de cobre (*célula de Pfeffer*). Segundo estas leis, a pressão osmótica de uma solução depende do nú-

mero de iontes dissolvidos na unidade de volume e não da natureza química da substância dissolvida. Conseqüentemente, soluções equimoleculares de substâncias diferentes apresentam a mesma pressão osmótica; são *isotônicas.*

Como já foi dito, os fenômenos da difusão e osmose são, além da embebição, os fatôres que mais contribuem para a absorção da água pela célula vegetal. Em analogia com a *célula artificial de Pfeffer*, a *célula viva* representa um recipiente fechado por uma membrana semipermeável, a membrana plasmática. No seu interior, nos vacúolos, encontramos o suco celular composto de sais, açúcares e outras substâncias dissolvidas em água, igualmente limitado por uma membrana semipermeável. Em contato com a água do solo, como no caso dos pêlos absorventes, ou com outras células com suco celular menos concentrado, a água passa do solo para a célula ou de célula para célula, estabelecendo uma espécie de corrente. Esta faculdade da célula de poder retirar água do ambiente por meio da osmose é de máxima importância para seu estado de hidratação. A fôrça com que a célula absorve água, e que podemos chamar de *fôrça de sucção*, é proporcional à concentração do suco celular ou ao seu *valor osmótico.* Graças à entrada da água, aumenta o volume do conteúdo celular, provocando uma pressão sôbre a membrana celulósica. Esta possui certo grau de elasticidade. Distende-se e opõe resistência cada vez maior ao aumento do volume. No momento em que sua tensão elástica iguala a pressão osmótica, a fôrça de resistência oposta pela membrana torna-se igual ao valor osmótico da célula e a fôrça de sucção será nula. Neste caso a célula se encontra em estado de *turgescência.* Quando, porém, a célula fica em contato com uma solução de concentração maior do que o seu valor osmótico, ela perde água, diminuindo o volume do seu vacúolo. O citoplasma que acompanha a diminuição do vacúolo se contrai. Finalmente, desliga-se da membrana celulósica que, em virtude da sua rigidez, conserva sua forma primitiva. A célula se encontra em estado de *plasmólise*, e neste caso não há pressão da membrana. Se denominamos a fôrça de sucção com a letra S, o valor osmótico com V e a

Fig. 55 — Pêlo absorvente duma raiz penetrando no solo. (Seg. Sachs.) E — Célula epidérmica; P — pêlo absorvente; A — Água do solo; B — Ar entre as partículas do solo.

pressão da membrana com P, podemos estabelecer a seguinte relação:

$$S = V - P$$

Em estado de *turgescência,* teríamos:

$$V = P$$
$$S = O$$

Em estado de *plasmólise,* teríamos:

$$V = S$$
$$P = O$$

Fig. 56 — Corrente da água atravessando a raiz desde o pêlo absorvente A até os vasos lenhosos M. (Seg. PRIESTLEY.)

É natural que os valôres osmóticos variem não só de vegetal a vegetal como também dentro do mesmo vegetal, de tecido em tecido e de órgão em órgão. Em média, as células do córtex da raiz apresentam pressões de 5 a 15 atmosferas, aumentando no caule e nos galhos com a distância da raiz. Nas fôlhas alcançam pressões de 30 a 40 atmosferas.

A absorção da água pela raiz baseia-se nos mesmos fenômenos que atuam sôbre cada célula. Os pêlos absorventes penetram entre as partículas do solo, ficando assim em contato com a água adsorvida a estas. Suas membranas de celulose tornam-se molhadas.

TABELA 2

Zona de Absorção da Raiz de VICIA FABA

Camada de células	Fôrça de sucção em atm
Epiderme	0,7
1.ª camada do córtex	1,4
3.ª camada do córtex	1,5
4.ª camada do córtex	2,1
5.ª camada do córtex	2,8
6.ª camada do córtex	3,0
Endoderma	1,7
Periciclo	0,8
Parênquima vascular	0,9

Por obra da maior concentração do conteúdo celular e da existência da membrana plasmática, a água se difunde para o interior dos pêlos. Daí passa pelas células do córtex até chegar aos vasos lenhosos, localizados na periferia do cilindro central.

Esta corrente de água que vai do pêlo até os vasos tem a sua origem na diferença de valôres osmóticos das células do córtex, os quais aumentam gradativamente em direção ao interior da raiz, como demonstram os dados da Tabela 2, obtidos por URSPRUNG. (Veja *Tabela* 2, pág. anterior.)

Como se vê, a fôrça de sucção aumenta até a sexta camada do córtex. Quanto à repentina diminuicão nas camadas seguintes, devemos admitir que além da difusão haja outras fôrças que influam sôbre o transporte da água dentro da raiz.

A descrição da absorção da água pelo vegetal não seria completa se não se tomasse em consideração as condições do solo. Para poder retirar água do solo, a raiz tem que vencer as fôrças adsortivas dêste. Por outro lado, deve haver uma substituição contínua da água extraída da parte do solo em contato direto com a raiz, por líquido de outras partes mais distantes. Tanto a adsorção como esta substituição dependem da qualidade do solo. Experiências mostraram que a planta retira a mesma quantidade de água com muito mais facilidade de um solo úmido do que de um solo sêco. A fôrça adsortiva do solo aumenta mais que proporcionalmente à crescente desidratação. Neste caso o efeito do aumento da fôrça de sucção dos pêlos absorventes é insignificante.

Estas considerações fazem-nos compreender que a quantidade de água no solo, à disposição do vegetal, não depende ùnicamente da quantidade total existente, e sim, das fôrças adsortivas do solo em questão. Se entre dois solos que contêm a mesma quantidade de água, um apresenta uma fôrça de adsorção maior que o outro, êste é considerado fisiològicamente mais sêco em relação ao vegetal. Determina-se a fôrça de adsorção de um solo da seguinte maneira: cultivam-se plantas numa amostra do solo a ser examinado dentro de um recipiente hermèticamente fechado sem se adicionar água.

Quando as plantas apresentam os primeiros sintomas de murchidão, por causa da falta de água livre, determina-se a quantidade de água ainda contida no solo, obtendo-se assim o *quociente de murchidão.*

Transpiração — Como a planta viva contém água numa percentagem muito elevada em relação ao ar ambiente, torna-se necessário que entregue a êste, contìnuamente, água sob

a forma de vapor. Isto transforma-se num fenômeno fisiológico, pois a planta tem de regular quantitativamente a evaporação, pondo-a, ao mesmo tempo, a serviço do transporte das substâncias minerais. Chamamos êste fenômeno de *transpiração.*

A transpiração é regulada por fatôres internos e externos.

Entre os internos, destacam-se dois elementos que influem sobremaneira na intensidade da transpiração: a cutícula e os estomas. A cutícula é formada por uma finíssima camada de cutina quase impermeável para o vapor dágua, que cobre tôda a superfície do vegetal, quando sêca é realmente impermeável tornando-se permeável ao ser molhada.

A evaporação pela cutícula ou *transpiração cuticular* é muito reduzida (6-8% da transpiração total).

Os estomas são formados por duas células especiais cuja função é auto-reguladora quanto à abertura dos ostíolos. O mecanismo da regulação baseia-se na mudança da turgência das duas células. Esta pode ser modificada por variações dos valôres osmóticos como resultado da transformação de açúcar em amido e vice-versa, ou ainda por variação de permeabilidade.

A abertura relativa dos estomas e o grau de permeabilidade da cutícula dependem dos fatôres externos: temperatura, vento e umidade do ar.

A elevada umidade do ar dificulta a transpiração, motivando o aumento do grau de turgência das células reguladoras. Em conseqüência disso as paredes externas das células curvam-se mais que as internas. Estas, forçosamente, acompanham o movimento, deixando os ostíolos abertos, o que, por sua vez, facilita a transpiração. Se, por outro lado, o ar estiver muito sêco, acarretando uma transpiração demasiada, a turgência das células diminui, a tensão das paredes relaxa e os orifícios se fecham, diminuindo assim a transpiração. Encontramos os estomas principalmente na epiderme da face dorsal das fôlhas. Por intermédio da câmara estomática êles ficam em comunicação direta com os meatos intercelulares. Apesar do grande número de estomas por unidade de superfície (50 — 300/mm^2), os seus ostíolos ocupam sòmente 1 — 2% da epiderme foliar devido ao seu tamanho muito pequeno (5 — 50μ). Mesmo assim êles transpiram uma quantidade de água 10 ou mais vêzes maior que uma superfície livre com a mesma área. A explicação dêste fato baseia-se no que podemos chamar de *lei do perímetro*: a velocidade de difusão dos gases através de aberturas do tipo, da ordem de grandeza e

da distribuição dos ostíolos estomáticos é proporcional ao perímetro e não à área dos mesmos. Quando a distância entre os bordos dos poros é relativamente grande, as moléculas de água se difundem mais ràpidamente pela periferia, graças à ausência da interferência das moléculas vizinhas, interferência esta que é muito maior no centro dos poros. Por outro lado, o total das periferias de poros pequenos em relação à área é muito maior do que o de poros grandes. Daí se explica fàcilmente a influência dos estomas sôbre a intensidade da transpiração dos vegetais.

Há diversos métodos para aferir a transpiração. Mede-se, por ex., a quantidade de água evaporada num determinado período de tempo por meio de um *potômetro* (Fig. 57), convertendo-se os valôres obtidos à unidade de superfície da fôlha para fins de comparação.

Fig. 57 — Tipo simples de potômetro para determinar o grau de transpiração dum vegetal.

Um outro método consiste numa série de pesagens de plantas inteiras ou de fôlhas isoladas. Determina-se o grau de transpiração pela diferença de pêso devida à perda de água.

O fenômeno da transpiração tem dado margem a discussões relativas à sua importância para a vida do vegetal. Foi considerada até como um mal inevitável, o que, aliás, não deixa de ser em condições climatéricas extremas. Parece, todavia, que a corrente de transpiração é vantajosa para o vegetal não sòmente pelo efeito refrigerante que exerce no caso de insolação muito forte, como, principalmente, por ser uma das fôrças que contribuem para a condução da seiva bruta do vegetal que vai da raiz até às fôlhas.

Gutação — Quando o ar está saturado de umidade, p. ex., de madrugada, observa-se em algumas plantas a eliminação de água em forma de gotículas, fenômeno chamado de *gutação* ou *sudação*. Deve ser considerado como um processo de compensação, pois mantém a corrente de água dentro do vegetal mesmo na impossibilidade dêste de eliminá-la pela transpiração e apesar da absorção da água pela raiz continuar em plena atividade. No caso da gutação a água sai da fôlha por meio de aberturas especiais não reguláveis (estomas aqüíferos) localizados geralmente na borda ou na ponta das fôlhas, como, p. ex., nas gramíneas. Uma das fôrças que, provàvel-

mente, exerce um papel importante na eliminação da água pela gutação é a *pressão da raiz.* Esta pressão manifesta-se em algumas plantas, quando se corta um galho ou o próprio caule. Do corte sai um líquido, às vêzes viscoso, que não é nada mais do que a seiva. Ligando-se, por meio de uma borracha, um manômetro ao caule decepado, podemos determinar a pressão. (Fig. 58.) Em geral, não passa de 1 atm, mas pode chegar a 2½ e até a 6 atm. Como a pressão se manifesta no caule, pouco acima da superfície do solo, admite-se que tenha sua origem nas fôrças que promovem o transporte da água pela raiz. Entre estas já citamos as diferenças osmóticas, responsáveis pela passagem da água pelo córtex. Como, porém, a pressão osmótica nas células do endoderma e do periciclo é mais baixa que nas células do córtex, a pressão radical não pode ser causada por pressão osmótica sòmente. Uma hipótese estabelece que as células entre o córtex e os vasos lenhosos tenham uma função glandular, expelindo a seiva na direção dos vasos com uma certa pressão. A função glandular pode ser explicada por variações da semipermeabilidade em lados opostos do citoplasma das células.

Fig. 58 — Dispositivo para a determinação da pressão radical.

A pressão da raiz varia periòdicamente. Em certas plantas se manifesta sòmente na primavera, quando há abundância de seiva ascendente (videira).

Condução — A água que é absorvida pela raiz e transpirada pelas fôlhas, forçosamente tem que ser conduzida por todo o vegetal. Esta condução se dá nos vasos lenhosos (xilema), estabelecendo-se uma corrente contínua. A validade da antiga concepção de que a seiva bruta é conduzida ùnicamente pelo xilema foi confirmada por trabalhos recentes cujos Autores utilizaram isótopos radioativos para traçar o caminho das substâncias dissolvidas na seiva. A localização dos isótopos determina-se a qualquer momento por meio da fotografia, dum osciloscópio ou dum contador de Geiger.

Em relação às fôrças que contribuem para a ascenção da água desde a raiz até as fôlhas, existem diversas hipóteses. Considerando, p. ex., que, nas árvores, a água deve ser elevada a alturas consideráveis, as fôrças devem ser igualmente consideráveis.

Já vimos que a transpiração influi sôbre a condução da água no vegetal. A evaporação em tôda a superfície do vegetal provoca nas células adjacentes uma espécie de fôrça atrativa que tem a sua origem nas diferenças osmóticas do citoplasma das células. Esta fôrça é transmitida de tecido em tecido até chegar à coluna de água contida nos vasos lenhosos. Êstes, por sua vez, cedem água aos tecidos, substituída contìnuamente pela raiz. Nestas condições, a continuidade da corrente seria garantida sòmente se o fio da água dentro dos vasos não arrebentasse, comportando-se como um fio de arame. Em têrmos de Física, podemos dizer que a coesão das moléculas da água deve ser tão grande que possa suportar o pêso de uma coluna capilar de dezenas de metros. A *teoria da coesão* baseia-se em experiências. Estas demonstraram, de fato, que a coesão das moléculas da água resiste a fôrças superiores a 350 atm. Tais fôrças bastariam para elevar a água até as fôlhas das árvores mais altas.

A *capilaridade*, isto é, a adesão das moléculas da água às paredes de um tubo capilar (vasos lenhosos) poderia contribuir para o transporte da água sôbre pequenas distâncias, mas não seria suficiente para provocar a ascensão da seiva numa planta de porte maior. Além disso, um líquido que sobe pela capilaridade é caracterizado pela formação de um menisco, fenômeno que nunca pôde ser observado nos vasos das plantas.

Finalmente, devemos tomar em consideração a pressão da raiz, cuja fôrça também não seria suficiente para contribuir decisivamente para a condução da água a grandes distâncias, como se depreende fàcilmente dos dados acima referidos.

Balanço da água — A absorção, a condução e a transpiração da água constituem sem dúvida um conjunto de fenômenos ìntimamente ligados, e o estudo de cada um isoladamente, quanto à sua influência sôbre o estado higrométrico do vegetal, não pode dar resultados satisfatórios. Para julgar se o estado higrométrico de uma planta é favorável em relação às funções vitais, torna-se indispensável verificar qual a proporção que existe entre elas. Em outras palavras: devemos fazer o balanço da água no vegetal. Êste balanço pode ser representado pelo quociente T/R, em que T significa a quantidade de água transpirada num período determinado de tempo e R, a quantidade absorvida pela raiz no mesmo tempo. Se o estado higrométrico é favorável, êste quociente é menor que 1, quer dizer, a planta absorve mais água do que transpira,

porque uma parte da água é gasta na elaboração das substâncias. O quociente determina-se no laboratório por meio do potômetro, enquanto no campo a verificação se baseia na determinação da percentagem de água no vegetal.

Porém ainda não é suficiente verificar se o balanço é quantitativamente equilibrado. Além disso, é indispensável saber qual a quantidade de água livre à disposição da planta. A percentagem de água livre depende de numerosos fatôres externos e internos, como adsorção do solo, umidade relativa do ambiente, valor osmótico da solução edáfica, poder de inchação, etc. Ela pode ser determinada pela tensão relativa de vapor. Ao estado higrométrico de um vegetal, caracterizado pela tensão relativa de vapor, podemos chamar *hidratura* em analogia com o estado térmico ou temperatura. Como tensão relativa do vapor definimos a diferença que existe entre a tensão absoluta ou efetiva e a tensão de água pura dentro do mesmo espaço e à mesma temperatura.

Verificou-se à base de experiências, que a hidratura dos vegetais inferiores, como bactérias e fungos, depende da hidratura do ambiente, ao passo que os vegetais superiores apresentam uma hidratura interna relativamente constante, independente de fatôres externos. Os métodos de medição utilizam a determinação da hidratura do suco celular, expressa pelo valor osmótico do mesmo. Se as condições são favoráveis ao crescimento do vegetal, a hidratura de cada tecido e órgão tem um valor que podemos considerar *ótimo*. Da mesma forma, no caso de condições desfavoráveis, o valor obtido será o máximo. Ótimo, máximo e os valôres intermediários são específicos para cada espécie de vegetal.

Observação prática.

A BALANÇA. Instrumento de grande importância para estudos fisiológicos é a balança de precisão. Sem querer entrar em pormenores a respeito de modelos modernos e complexos, cuja construção varia bastante, julgamos útil dar alguns conselhos práticos para o uso duma balança de precisão simples, dotada de dois pratos. Querendo pesar qualquer objeto, procede-se da maneira seguinte:

1.° — Verificar se a balança está no nível. Para nivelar usam-se os parafusos montados sôbre os pés que suportam a balança e que permitem encurtá-los ou encompridá-los. Com a balança destravada constata-se sua posição exata pelo fio de prumo ou pela bôlha de equilíbrio. Posta em equilíbrio, a balança é travada e está pronta para começar a pesagem.

2.° — Todo o material a ser pesado deve ser colocado sôbre papel ou num recipiente de vidro, etc., nunca diretamente nos pratos da balança. A oxidação e a sujeira daí resultantes em breve danificariam a precisão do nosso instrumento.

3.° — É conveniente, ao começar a pesagem, contrabalançar no outro prato o pêso do recipiente ou papel vazio.

4.° — O material a ser pesado deve ser colocado no prato com a balança travada. O mesmo preceito vale para os pesos de medição. Tôdas as trocas necessárias durante a aferição devem ser procedidas na posição travada. Sòmente para verificar a posição do fiel pode a mesma ser destravada.

DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE ÁGUA NOS VEGETAIS. Inicialmente determina-se o pêso do material em exame, como por exemplo de fôlhas, raízes, galhos, etc., frescos e picotados. Anotado seu pêso, o material é levado num cadinho de porcelana para uma estufa de secagem com temperatura não superior a 105 °C. Temperaturas mais altas devem ser evitadas para impedir a perda de substâncias lábeis. Após 2 horas procede-se a uma repesagem do material, repetindo-a a seguir com intervalos de 24 horas até chegar a uma aproximada constância do pêso aferido. As pesagens devem ser efetuadas após prévio esfriamento num dessecador, se desejarmos evitar incorreções devidas à reabsorção de água do ar atmosférico. O conteúdo de água corresponde à diferença entre o pêso inicial do material fresco (*P'*) e o pêso final do material sêco (*P"*). A percentagem é igual a $\frac{100 \times P''}{P'}$

ABSORÇÃO. Para demonstrar a absorção de água através duma membrana semipermeável serve a *Célula artificial de Trauble*. Num tubo de ensaio com uma solução aquosa de sulfato de cobre a 4% introduz-se um cristal de ferrocianeto de potássio. O ferrocianeto reage com o sulfato formando ao redor do cristal uma película semipermeável de ferrocianeto de cobre. Como ao redor do cristal existe uma concentração relativamente alta de ferrocianeto de potássio, resulta um fluxo osmótico de água da solução de menor concentração molecular (sulfato de cobre) para a de ferrocianeto de potássio através da película semipermeável. A bolinha líquida ao redor do cristal aumenta de volume e sempre que em conseqüência disto se romper a película, a mesma é reconstituída instantâneamente pelo contato entre as duas substâncias originais.

Outras experiências, nas quais se usa papel pergaminho, etc., à guisa duma membrana semipermeável, fechando o orifício dum funil invertido para separar soluções de concentrações diferentes, são, às vêzes, mais difíceis de realizar em face da escassez de material adequado à disposição.

EMBEBIÇÃO (INCHAÇÃO)

1 — *Determinação do aumento de pêso e volume*. 30 sementes de feijão, sêcas ao ar, são pesadas na balança. Seu volume inicial é determinado mergulhando-as em água numa proveta graduada. Verificados pêso e volume iniciais, as sementes são colocadas entre fôlhas ume-

decidas de papel filtro ou mata-borrão numa placa de Petri fechada (câmara úmida). Após 24 horas repete-se a pesagem para a determinação do volume, verificando-se considerável acréscimo para ambas as medidas.

2 — *Pressão de inchação.* A grande fôrça de pressão resultante da embebição pode ser demonstrada incluindo sementes de feijão, secos ao ar, num bloco de gêsso (Fig. 59), preparado da maneira seguinte:

Forra-se um funil de vidro com papel de filtro enchendo-o até a metade com gêsso misturado com água. Sôbre o gêsso ainda pastoso colocam-se algumas sementes de feijão. Em seguida adiciona-se gêsso até a margem do funil. É necessário trabalhar ràpidamente para evitar que o gêsso endureça antes do término das manipulações. O cone de gêsso endurecido é retirado do funil e sua base colocada num recipiente com água (placa de Petri). O gêsso poroso transmite à água as sementes que começam a inchar e terão rompido o bloco em menos de 24 horas.

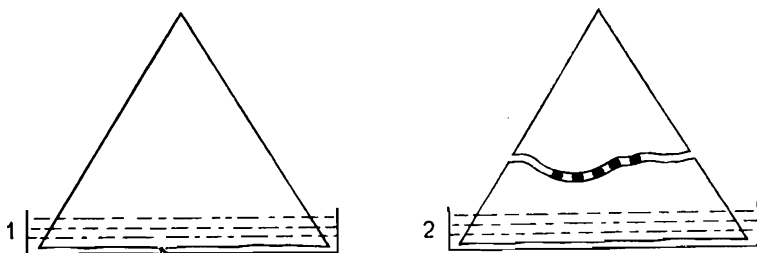



Fig. 59 — Embebição. 1) Cone de gêsso no início da experiência. 2) Cone de gêsso rompido pela pressão das sementes.

TRANSPIRAÇÃO.

1 — Bom material para medição quantitativa da transpiração em *potômetro*, cuja construção é evidenciada pela Fig. 57, fornecem os galhos do plátano (*Platanus spp.*). Os galhos devem ter sua extremidade inferior cortada abaixo da água, para evitar a penetração de bôlhas de ar nos vasos lenhosos e que podem bloquear a condução.

2 — A existência da transpiração cuticular e estomática através da epiderme foliar pode ser demonstrada com *papel de cobalto.* Pedacinhos de papel de filtro (1 cm^2) são mergulhados numa solução aquosa de cloreto de cobalto a 5% e, em seguida, secados numa estufa. Cloreto de cobalto sêco apresenta côr azul, hidratado torna-se côr-de-rosa. Papéis de cobalto sêco são colocados nas duas faces duma fôlha e aí fixados com duas lâminas de vidro, que evitam o contato do papel com a

umidade atmosférica. As lâminas podem ser fixadas por meio de clips de escritório ou com fita durex. Após certo lapso de tempo observa-se a passagem da côr azul para rosa.

3 — O *método de infiltração* permite avaliar a abertura relativa dos ostíolos dos estomas. Um líquido de tensão superficial baixa, como éter, xilol ou álcool é pingado com um conta-gôtas de ponta fina em diversos lugares duma fôlha. O líquido penetra através dos ostíolos abertos e infiltrando-se no mesófilo ocasiona a formação de manchas escuras quando observadas de cima e claras na transparência. A velocidade desta infiltração e o tamanho das manchas permitem uma avaliação relativa da abertura estomática, se repetirmos a mesma experiência sob condições diferentes na mesma espécie de vegetal. Para a observação recomenda-se o uso duma lupa manual.

4 — Verificações científicas servem-se de pesagens rápidas e repetidas de fôlhas com uma *balança de torção* de precisão, cuja aquisição para fins meramente demonstrativos nos parece excessivamente onerosa.

CONDUÇÃO. A condução da água pode ser demonstrada nos caules translúcidos do Bálsamo ou Não-me-toque (*Impatiens spp.*) tão freqüentemente cultivada como flor ornamental nos jardins brasileiros. Observando-os contra a luz, nota-se a existência de finas linhas longitudinais, constituídas por feixes de vasos lenhosos. Se cortarmos um dêstes caules para mergulhá-los numa solução aquosa dum corante vital, como azul de metileno a 0,01%, notaremos que os feixes escurecem, tornando-se azuis pela condução do corante.

2. §. Os Elementos Minerais

Composição química do vegetal — Uma análise química do vegetal revela que êle contém principalmente *água*. Relembramos que a percentagem dêste elemento se determina fàcilmente pela secagem na estufa à temperatura de 105 a 110 °C. O lenho contém 50%, plantas herbáceas 70 a 80%, frutos carnosos 85 a 95% de água. O que resta depois da secagem é a *matéria sêca*. 50% da matéria sêca é constituída pelo carbono que pode ser eliminado por incineração. Desprende-se em forma de CO_2. Finalmente, sobram os elementos minerais em forma de *cinza*. Se fizermos uma análise elementar, encontraremos vários elementos, como: K, Na, Ca, Mg, Fe, P, S, Cl, Si. Não se encontra na cinza o nitrogênio, elemento indispensável à vida do vegetal, por ter-se desprendido em forma de gás junto com o carbono. Experiências provaram que nem todos os elementos encontrados na cinza são indispensáveis para o desenvolvimento normal da planta, fa-

to que diminui até certo ponto o valor biológico destas análises. Sòmente ensaios, que se utilizam da própria planta como teste e que permitem ao mesmo tempo uma dosagem exata das substâncias, podem dar resultados satisfatórios. Foram SACHS e KNOP os primeiros a utilizar soluções nutritivas de composição conhecida para o cultivo de plantas. É a êste método de cultura que devemos a maior parte dos nossos conhecimentos sôbre as exigências nutritivas dos vegetais. No início, êste meio de cultura apresentou certas dificuldades, porque muitas plantas não se adaptavam ao meio líquido. Hoje, porém, graças a aperfeiçoamentos técnicos, entre os quais uma ventilação eficiente do líquido, consegue-se cultivar qualquer planta em meio sintético, inclusive árvores. Nos EE. UU. êste método, sob o nome de *hydroponics*, está sendo usado para o cultivo de verduras (tomateiros) e flôres em grande escala. A *solução de Knop*, uma das mais usadas, tem a seguinte composição:

Solução de Knop:

1000g	H_2O
1g	$Ca(NO_3)_2$
0,25g	KH_2PO_4
0,25g	$MgSO_4$
Traços	$FeCl_2$

Os resultados a que se chegou à base destas experiências, quanto à nutrição mineral dos vegetais, podem ser resumidos nos seguintes itens:

1. Uma solução nutritiva favorável ao crescimento do vegetal deve ser bastante diluída (1 — 2%). A solução edáfica costuma ser mais diluída ainda.
2. As plantas não retiram o carbono do solo. Êste provém do ar atmosférico. No caso dos microrganismos, êle é retirado do substrato.
3. 10 elementos são indispensáveis ao desenvolvimento normal do vegetal: o C proveniente do ar, H e O da água, N, S ,P, K, Ca, Mg, Fe do solo.

A falta de um único dêstes elementos provoca sinais característicos de deficiência, acarretando finalmente a morte do vegetal.

Foi amplamente investigado se os vegetais podem ou não aproveitar os elementos minerais em qualquer composição química. Devemos tomar em consideração que, dada a grande diluição da solução edáfica, esta não contém os sais na sua forma original, mas sim dissociados nos íons componentes. Assim, encontramos em lugar de $Ca(NO_3)_2$, KH_2PO_4, e $MgSO_4$, os aníons NO_3^-, PO_4^{---} e SO_4^{--} e os catíons Ca^{++}, K^+, Mg^{++}. Precisa-se, portanto, saber se o vegetal absorve com a mesma facilidade o íon nitrogênio em forma de nitrato ou de amônio. De fato, não existe diferença quanto ao valor dos dois como nutriente, porém o amônio tem um efeito secundário sôbre a reação do solo, pois aumenta a acidez do mesmo, fator desfavorável para o desenvolvimento do vegetal. O enxôfre e o fósforo, por outro lado, só podem ser aproveitados em forma de sulfatos e fosfatos.

Fig. 60 — Cultura do trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em água. I. Em solução nutritiva com potássio. II. Em solução nutritiva sem potássio. Seg. NOBBE.

Se dissemos acima que sòmente 10 elementos são indispensáveis ao desenvolvimento normal do vegetal, afora nalguns casos isolados, como o do sódio em certas algas do mar, façamos agora um reparo geral. Graças à fabricação de drogas cada vez mais puras e o uso de vidros totalmente neutros (quartzo), foi possível provar que, além dos 10 elementos acima citados, havia outros cuja presença, aliás em doses ínfimas, nas soluções nutritivas era também indispensável. Sua falta causa sintomas típicos de deficiência. Sua ação não tinha sido descoberta antes, porque as drogas ou os vidros, usados naquela época, continham êstes elementos sob forma de impurezas.

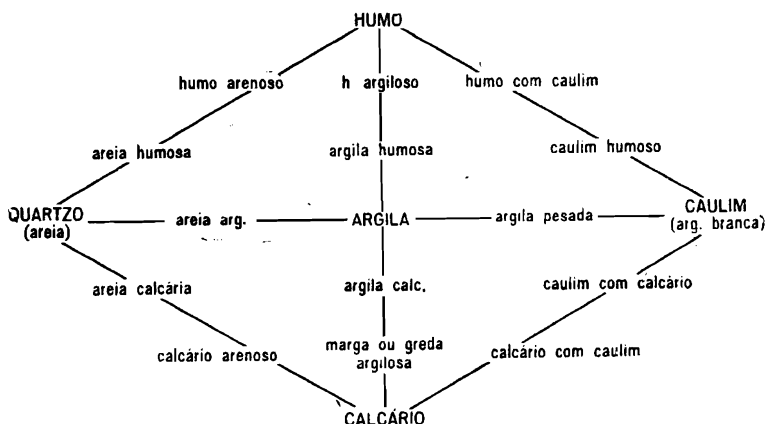
São denominados *elementos menores*. Traços destas substâncias são suficientes para evitar anomalias. Entre êles encontramos cobre, zinco, boro, manganês e muitos outros. É claro que uma solução nutritiva completa deve conter também êstes elementos. A *solução A — Z, de* HOAGLAND, que contém todos êles, permite uma dosagem perfeita.

solução A — Z de HOAGLAND:

Água destilada	18 litros
$Al_2(SO_4)_3$	1,0 g
KI	0,5 g
KBr	0,5 g
TiO_2	1,0 g
$SnCl_2 + 2H_2O$	0,5 g
LiCl	0,5 g
$MnCl_2 + 4H_2O$	7,0 g
H_3BO_4	11,0 g
$ZnSO_4$	1,0 g
$CuSO_4 + 5H_2O$	1,0 g
$NiSO_4 + 6H_2O$	1,0 g
$Co(NO_3)_2 + 6H_2O$	1,0 g

Normalmente acrescenta-se cêrca de 1 cm^3 da solução de HOAGLAND a cada litro duma solução convencional, como por exemplo a de KNOP. O fato de estas substâncias agirem em quantidades mínimas leva-nos à conclusão de que a sua função deve ser catalisadora, pois são encontrados, p. ex., como componentes de enzimas.

Os elementos minerais são absorvidos com a água por intermédio dos pêlos absorventes. É certo que a solução se difunde fàcilmente pela membrana celulósica, por ser esta permeável. Para entrar no interior da célula, teria que atravessar a membrana plasmática. Esta é semipermeável e, segundo as leis da osmose, devia deixar passar sòmente a água, vedando a entrada aos elementos minerais. Como isto não é possível, fácil é concluir que a semipermeabilidade da célula viva não o é no sentido restrito da física. Trata-se de uma semipermeabilidade relativa, variável conforme a necessidade do vegetal. A variação depende do tamanho dos poros intermicelares e do tamanho das moléculas que se difundem pela membrana. A *teoria do ultrafiltro* atribui à membrana plasmática a função de uma espécie de filtro ultrafino. Mas êste fenômeno por si só não explica o fato da célula conter certos íons em maior

quantidade do que corresponderia ao meio exterior ou de ela retirar os diversos íons em quantidades diferentes. A célula possui um poder seletivo. Para manter um fluxo contínuo das

substâncias, a célula tem que retirar uma parte delas do campo de difusão. Consegue isso de duas maneiras, ou quìmicacamente, transformando-as em substâncias insolúveis, ou fìsicamente, por meio da adsorção a outros elementos da célula, p. ex., ao citoplasma. Interferem neste fenômeno reações muito complexas com gastos de energia, oriunda do metabolismo celular.

Os íons dos sais inorgânicos se comportam diferentemente quanto ao grau de adsorção, sendo uns mais fàcilmente adsorvidos que outros. Êste fenômeno é de máxima importância para a sua conservação no solo. A fertilidade de um solo depende em grande parte do poder de adsorção de suas partículas, da quantidade e qualidade das substâncias nêle existentes, da permeabilidade, da ventilação, do poder de retenção da água e do grau de acidez (pH) que apresenta. Estas propriedades dependem antes de mais nada da proporção em que se encontram nos solos os seus 5 componentes gerais, mais comuns e importantes: o humo, a areia, a argila, o caulim e o calcário. O esquema acima reproduzido dá uma idéia da grande variedade de combinações possíveis.

O humo é rico em substâncias minerais e orgânicas e aumenta o poder de retenção da água, além de contribuir para a conservação duma microflora importante. A areia de quartzo, quìmicamente neutra, torna o solo leve, bem ventila-

do e permeável. Argila e caulim contêm elementos minerais importantes e compactam a terra tornando o solo pesado e pouco permeável. O calcário tem a grande virtude de neutralizar uma acidez excessiva. As necessidades e conveniências quanto ao tipo de solo variam especìficamente tanto nos vegetais silvestres quanto nos cultivados. Daí a necessidade de controlar mediante análises completas o solo cultivado, conservando-o e restaurando-lhe a produtividade através duma adubação racional e com outras medidas corretivas.

Os nossos conhecimentos em relação ao papel de cada um dos elementos minerais, são ainda bastante deficientes. A verificação de sua função, no metabolismo do vegetal, torna-se ainda mais difícil devido a um fenômeno que podemos chamar de *equilíbrio fisiológico*. Êste se refere à influência que os íons exercem uns sôbre os outros. Em geral, os íons monovalentes Na^+, K^+, e NH_4^+, mesmo numa solução bastante diluída, têm um efeito tóxico sôbre o vegetal. Porém, em presença dos íons bivalentes Ca^{++} e Mg^{++}, a planta suporta os mesmos, ainda em concentrações maiores (antagonismo dos íons). O papel do *potássio* na planta não é totalmente conhecido. Entretanto, sabemos que tem função importante na fotossíntese, especialmente na síntese dos carboidratos, das proteínas e das substâncias graxas. Embora indispensável, pode ser substituído, em certos casos, pelo sódio, lítio ou rubídio. As deficiências de potássio manifestam-se pelo amarelecimento das extremidades e das bordas das fôlhas, podendo estender-se ao centro e até à base das mesmas e, finalmente, atingir, também, as fôlhas novas. Os sintomas da deficiência caracterizam-se pelo nítido contraste entre as zonas cloróticas e verdes. O potássio se encontra no solo nos minerais primários como os feldspatos e micas e, também, se associa a minerais de argila como ilita, caolinita, vermiculina e montmorilonita. Para a avaliação da adubação potássica é importante o conceito do potássio trocável e não a sua simples presença quantitativa.

O *nitrogênio* é um dos elementos mais importantes como componente das substâncias protéicas, da clorofila e dos alcalóides. Apesar de se encontrar em abundância no ar atmosférico, a maioria das plantas não pode utilizar-se desta fonte de nitrogênio. Sòmente alguns grupos de bactérias, que vivem, ou livremente no solo, ou em simbiose nas raízes de determinadas plantas superiores (leguminosas), assimilam o nitrogênio do ar, pondo-o assim à disposição dos outros vegetais,

que o absorvem sob forma de solução junto com a água do solo (Compare: *Ciclo do nitrogênio*; pág. 187).

O *fósforo* faz parte dos compostos orgânicos, como, p. ex., das nucleoproteínas sob forma de ácido nucléico na cromatina dos cromossomos. Daí a sua importância para a divisão celular. Como elemento de uma co-enzima com ação na ativação da glicose, o fósforo influi também sôbre o processo respiratório. (ATP)

O fósforo é absorvido sob forma do aníon H_2PO_4- do ácido fosfórico, principalmente. A absorção diminui quando a pH se eleva acima de 8, também diminui se o teor dos aníons NO_3- e SO_4-- na solução aumenta, sofrendo sua influência pelo efeito da substituição; aumenta na presença do catíon NH_4-. Para a adubação deve-se levar em conta o teor de fósforo assimilável e não o teor real do solo, simplesmente.

São sintomas de deficiência: Atraso no crescimento, na floração e amadurecimento dos frutos, coloração rosa a violeta nas nervuras ou no conjunto do limbo.

O *cálcio* se encontra em abundância nos tecidos embrionários e nas células em atividade muito intensa, p. ex., nas fôlhas. A falta dêste elemento causa a morte dos pontos vegetativos. É importante pelo seu efeito antagônico. Influi na eliminação de substâncias tóxicas, como, p. ex., do ácido oxálico, transformando-o em oxalato de cálcio.

O *magnésio* entra na constituição da molécula da clorofila. É, por isso, absolutamente insubstituível.

O *enxôfre* é indispensável à formação dos compostos protéicos. É encontrado nos aminoácidos *cistina* e *metionina*.

Nos casos de carência do enxôfre ocorre uma redução do crescimento das hastes e das fôlhas.

O *ferro*, apesar de não fazer parte da molécula da clorofila, é necessário para sua formação, provàvelmente como catalisador. A falta de ferro na planta provoca uma clorose característica, em que as fôlhas se tornam amarelas com exceção das nervuras que continuam verdes.

A utilização de radioisótopos nas investigações modernas sôbre a nutrição vegetal, substituindo o O^{16} pelo O^{18}, o C^{12} pelo C^{14}, o hidrogênio pelo deutério (D_2O = água pesada), o P pelo fósforo radioativo, contribuiu extraordinàriamente para o aperfeiçoamento dos nossos conhecimentos.

Para que a planta possa crescer e se desenvolver normalmente, é necessário que encontre no solo todos os elementos minerais em quantidade suficiente. O solo deve apresentar uma certa fertilidade. Esta depende de vários fatôres, como:

origem do solo, matéria orgânica (húmus), utilização para o cultivo de plantas. A fertilidade do solo está sujeita a modificações contínuas. A água das chuvas dissolve uma parte dos elementos minerais, levando-os a profundidades inacessíveis para as raízes das plantas, enquanto uma outra parte é retirada sob forma de colheitas. Nestas condições torna-se indispensável uma substituição regular dos elementos perdidos sob pena de diminuir a sua fertilidade. Esta substituição chamamos de *adubação.* Pode ser feita por adubos naturais (estêrco) ou sintéticos (químicos).

Uma *adubação* racional deve ter por base o conhecimento das deficiências do solo em relação aos diversos elementos minerais. A determinação pode ser feita por análise química do solo ou pelo cultivo de plantas sob condições rigorosamente controladas. Êste último método dá resultados muito mais exatos por servir a própria planta como indicador.

Baseando-se em tais ensaios, estabeleceu-se a *lei do mínimo* (LIEBIG), substituída hoje em dia pela *lei do efeito dos fatôres do crescimento* (MITSCHERLICH). O elemento (fator) que se encontra em menor quantidade (mínimo) no solo tem influência decisiva sôbre o rendimento de uma cultura. A modificação da lei primitiva baseia-se na observação de que a influência do fator que se encontra no mínimo é decisiva, porém não exclusiva e que os outros fatôres também influem dentro de certos limites sôbre o rendimento.

As condições químicas e físicas de um solo determinam a sua reação que, por sua vez, influi sôbre a vegetação. Conforme a reação de um solo seja ácida ou alcalina, encontraremos uma vegetação típica, havendo até plantas tão especializadas neste sentido, que podem servir de indicadores da reação de um solo. Por isso, para poder cultivar um vegetal com resultados compensadores, torna-se necessário verificar a reação do solo. O método usado baseia-se na determinação do pH, isto é, da concentração dos íons de hidrogênio na solução edáfica. A expressão pH representa o logaritmo negativo da concentração dos íons H^+. Água neutra contém 10^{-7} g íons de hidrogênio por litro que são neutralizados por igual quantidade de íons OH^-. Em soluções ácidas aumenta a quantidade de íons de hidrogênio, em alcalinas a dos íons OH^-.

Como a soma das concentrações das duas é constante, basta indicar a concentração de um dos componentes. Por convenção usa-se a do hidrogênio. A reação de água neutra seria então $pH = 7$. Para concentrações de iontes de hidrogênio de dez, cem ou mil vêzes maiores teríamos um $pH = 6$, $pH = 5$

ou pH = 4, respectivamente. A concentrações proporcionalmente menores corresponderia um pH = 8, pH = 9 ou pH = 10. A escala de reações varia entre pH = 1 e pH = 14. À diferença duma unidade corresponde uma acidez ou alcalinidade dez vêzes maior.

A reação mais favorável para a maioria das plantas oscila entre pH 5 e pH 7,3. Muito poucas plantas suportam um pH abaixo de 4 ou acima de 9. A vida vegetal se realiza dentro de limites relativamente estreitos de acidez, principalmente em virtude da pouca estabilidade das substâncias protéicas como anfólitos (compostos com grupos de reação ácida e alcalina simultâneamente).

A determinação da acidez pode ser feita, ou por meio de indicadores, corantes especiais que mudam de côr conforme o pH do meio, ou por métodos eletrométricos. As exigências dos vegetais quanto à reação do solo variam bastante conforme a espécie de planta, como mostram os três exemplos europeus da tabela seguinte (seg. OLSEN):

Valôres de pH	3,5 a 3,9	4,0 a 4,4	4,5 a 4,9	5,0 a 5,4	5,5 a 5,9	6,0 a 6,4	6,5 a 6,9	7,0 a 7,4	7,5 a 7,9
Vaccinium myrtillus	100%								
Asperula odorata		7%	16%	20%	25%	6%	11%	7%	8%
Anemone hepatica								45%	55%

A primeira é completamente acidófila, a segunda não mostra quase preferência e a terceira só se desenvolve em solo alcalino.

Observação prática.

DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA SUBSTÂNCIA MINERAL. Para determinar a quantidade de matéria mineral componente dos órgãos dos vegetais, aproveita-se certa quantidade, talvez 10 g, do material sêco que sobrou das experiências para a determinação do teor de água. Êste material sêco é incinerado num cadinho de porcelana refratária sôbre um bico de Bunsen ou outra chama forte. A pesagem das cinzas resultantes permite a determinação da percentagem de matéria mineral existente em cada caso. Os resultados, assim obtidos, estão, até certo ponto, inexatos porque descuidam das perdas de C e N que se volatilizam durante o processo.

A análise exata, qualitativa e quantitativa destas cinzas seria objeto de investigações químicas que nos levariam longe demais. Não obstante transcrevemos a seguir alguns processos de fácil e segura execução que permitem constatar a presença ou ausência de alguns dos componentes mais comuns e importantes.

Para a determinação do enxôfre, do cálcio e do potássio, dissolvem-se 0,2 g de cinzas em 10 cm^3 de HCl diluído em água destilada, na proporção de 1 : 4 e completa-se o volume da solução com água destilada até 100 cm^3. Filtra-se a solução.

Enxôfre. A 10 cm³ da solução de cinzas adicionam-se algumas gôtas duma solução aquosa a 2 - 5% de $BaCl_2$. A presença de S é evidenciada pelo aparecimento dum precipitado branco de $BaSO_4$.

Cálcio. 20 cm³ da solução de cinzas são alcalinizadas levemente por meio duma solução aquosa fraca de NH_4OH. Usar papel tornassol para contrôle da acidez. Adicionam-se em seguida algumas gôtas duma solução saturada, aquosa, de oxalato de cálcio. A presença do Ca é demonstrada pelo âparecimento dum precipitado branco de oxalato de cálcio.

Potássio. A presença do potássio é verificada cientìficamente pela análise espectroscópica. No entanto, o amarelecimento duma chama incolor de gás ou álcool, ao introduzir uma alça de platina mergulhada na solução, pode servir de indício seguro da presença do potássio.

Para testar a presença do cloro e do fósforo prepara-se outra solução de 0,1g de cinzas em 10 cm³ duma solução de HNO_3, dissolvida em água na proporção de 1 : 9. Filtra-se a solução e divide-se em duas partes desiguais.

Cloro. À porção menor adiciona-se um pouco duma solução aquosa a 1% de nitrato de prata. Na presença do Cl observa-se a formação dum precipitado branco de AgCl. A solução de nitrato de prata deve ser conservada num frasco escuro.

Fósforo. À porção maior adicionam-se algumas gôtas duma solução aquosa a 1% de molibdato de amônio. Na presença de fósforo aparece um precipitado amarelo de fosfomolibdato de amônio, após aquecimento.

O SOLO E OS SAIS MINERAIS. Para dar uma idéia da composição do solo em relação aos seus componentes gerais como humo, areia, argila, caulim, pedrinhas, basta proceder da maneira ilustrada pela Fig. 61. Uma pequena quantidade de terra é dissolvida em água num tubo de ensaio e sacudida até conseguir uma distribuição mais ou menos homogênea. Deixando o tubo em repouso sedimentam-se os componentes do líquido de acôrdo com a sua densidade.

Fig. 61 — Separação dos componentes do solo por sedimentação. 1) Tubo de ensaio com amostra de solo. 2) O mesmo tubo de ensaio após a sedimentação.

A análise dos componentes químicos do solo constitui assunto complexo e especializado demais para os métodos previstos neste opúsculo. As Secretarias de Agricultura e algumas das grandes companhias de adubo (por exemplo, a Companhia Rio-Grandense de Adubos) se encarregam gratuitamente destas análises, dando, com louvável espírito público, assistência prática e de grande valor aos agricultores.

Ao botânico e fisiólogo interessa não tanto a fertilidade de determinado pedaço de terra agrícola quanto a influência dos diversos sais sôbre o desenvolvimento, bem como as exigências qualitativas e quantitativas de determinadas espécies de plantas. Isto se verifica mediante cultivo das mesmas em soluções nutritivas de composição conhecida e controlada. A seguir fornecemos um esquema que permite modificar a solução de Knop, eliminando um por um os sais componentes para estudar as deficiências resultantes.

As sementes ou mudas de plantas em estudo podem ser plantadas em recipientes com areia neutra de quartzo, lavada e esterilizada, irrigada com a respectiva solução ou então em cilindros de vidro com uma tela de arame ou outro meio qualquer para fixar o vegetal. Nos casos mais primitivos, para fins demonstrativos na escola, basta colocar sementes de feijão numa mecha de algodão umedecido num tubo de ensaio.

SAIS MIN.	Knop cm^3	sem N	sem P	sem K	sem Ca	sem Mg
$CaNO_3$ - 10 %	10	—	10	12,5	—	—
$CaSO_4$ - 10 %	—	20	—	—	—	5
KNO_3 - 10 %	2,5	—	2,5	—	2,5	2,5
$NaNO_3$ - 10 %	—	—	—	2,5	—	—
KCl - 10 %	1,2	3,7	2,5	—	1,2	2,5
KH_2PO_4 - 2,5%	10	10	—	—	10	10
NaH_2PO_4 - 10 %	—	—	—	10	—	—
$MgSO_4$ - 5 %	5	5	5	5	5	—
$FeCl_3$ - 5 %	1 gôta	1 gôta	1 gôta	1 gôta	1 gôta	1 gôta
Água destilada	971,3	961,3	980	970	971,3	971,3
Volume total	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L	1 L

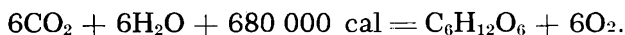
3. §. Os Elementos Orgânicos

Como já vimos, destaca-se entre os elementos indispensáveis ao desenvolvimento dos vegetais o *carbono*, e isto por

vários motivos: por seu alto teor em relação à matéria sêca (50%), por ser o único elemento que o vegetal retira do ar e por ser sua presença o característico por excelência de tôda molécula orgânica.

A assimilação do CO_2 pelas plantas verdes na presença da luz, da água e da clorofila pode ser considerada como o processo químico mais importante do mundo. Chama-se *fotossíntese* por ser a luz a fonte de energia para a sintetização dos compostos orgânicos. Sòmente o vegetal clorofilado é capaz de elaborar desta maneira matéria orgânica, a partir de elementos inorgânicos. Constitui, assim, a base alimentar de tôda a vida animal no globo terrestre. Mercê desta importância, o processo fotossintético tem sido objeto de investigações das mais intensas por parte de botânicos, químicos e físicos.

Das observações de PRIESTLEY (1779) sôbre a absorção do CO_2 pelos vegetais, ampliadas mais tarde pelos trabalhos de INGENHOUSZ sôbre o papel da luz no processo e dos de SENEBIER e DE SAUSSURE sôbre a troca de gases, estabeleceu-se para a fotossíntese a seguinte fórmula bruta:

$$6CO_2 + 6H_2O + 680\,000 \text{ cal} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

O emprêgo de radioisótopos ligado à cromatografia tem revelado muitos dos segredos que até bem pouco tempo envolviam o processo fotossintético num manto de mistérios. A fotossíntese é localizada nos cloroplastos. Podemos dividir seu desenrolar em 3 fases:

1 — Absorção da energia radiante.
2 — Estabilização da energia radiante.
3 — Emprêgo da energia quìmicamente estabilizada nas transformações do CO_2 em carboidratos.

As duas primeiras fases, representadas pelo lado esquerdo do nosso esquema (Fig. 62), necessitam da luz (*ciclo luminoso*). A energia luminosa, ativando as moléculas de clorofila, provoca a emissão de elétrons cuja energia determina a fotólise da água. Esta começa pela formação dos radicais H e OH. O último sofre várias transformações que terminam com a libertação do O_2.

O potencial redutor do radical H é aproveitado na segunda fase para a formação de substâncias orgânicas de alto potencial energético (ADP; ATP; TPN), que é transferível para uso em outras reações. No nosso esquema é ilustrado pelo

símbolo xH_2 em que x significa o aceptor catalítico, transmissor da energia que é devolvido para nôvo uso no fim da terceira fase; trata-se de vibulose — 1,5 — difosfato.

A terceira fase, representada pelo lado direito do nosso esquema, não necessita da luz. Podemos denominá-la *ciclo do carbono* ou *ciclo de Calvin*, pois às investigações dêste e de seus colaboradores devemos os principais conhecimentos detalhados da atualidade.

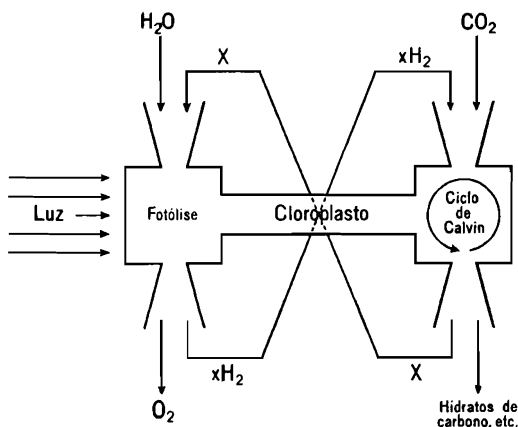



Fig. 62 — Fotossíntese num cloropasto. Esquema; x = aceptor do hidrogênio.

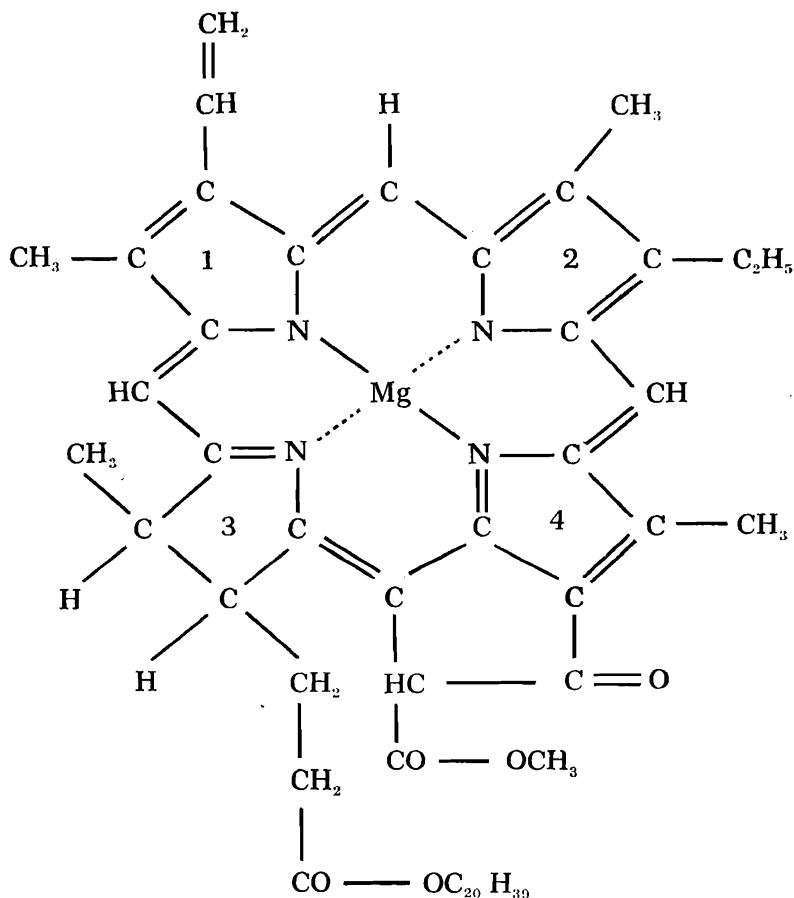
A energia química estabilizada pelo aceptor, é aproveitada para a transformação do CO_2 em hidratos de carbono, através de processos de grande complexidade. É provável que a primeira substância orgânica resultante seja o ácido glicerofosfórico. Dêste resultaria, por redução, seu aldeído correspondente, idêntico a um açúcar fosforilado tricarbônico. Esta triose, por polimerização e outros meios, transformar-se-ia em carboidratos com reconstituição do sistema catalítico.

As demais substâncias orgânicas são sintetizadas pelas plantas a partir dos carboidratos.

Como a energia necessária à fotossíntese é proveniente da luz, a reação corresponde a uma transformação de energia cósmica em energia química. Mais tarde, é armazenada. Pode ser mobilizada pelo processo da respiração.

Graças aos trabalhos de WILLSTÄTTER e colaboradores, es-

tamos relativamente bem a par da estrutura da molécula da clorofila.

CLOROFILA α

1, 2, 3, 4 = anéis pirúvicos

Ela deve ser considerada como um éster de um ácido orgânico bivalente, a clorofilina, com dois álcoois, o metanol (CH_3OH) e o fitol ($C_{20}H_{39}OH$). No núcleo da molécula encontra-se um átomo de magnésio ligado de maneira especial a 4 átomos de nitrogênio, como mostra o esquema acima.

É interessante notar que a hematina, pigmento da hemoglobina, apresenta uma estrutura quase idêntica. Em lugar, porém, do magnésio, tem um átomo de ferro. Êste fato tem sido aduzido como argumento na hipótese da origem comum de plantas e animais.

Existem dois tipos de clorofila de estrutura química ligeiramente diferentes:

Clorofila α: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ de côr verde-azulada.
Clorofila β: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ de côr verde-amarelada.

Em solução, a clorofila apresenta o fenômeno da fluorescência. À luz ultravioleta incidente, torna-se vermelha. É verde, à luz transparente.

Expondo uma solução de clorofila ao espectro solar, observa-se uma diferença de absorção de acôrdo com o comprimento de onda da respectiva luz. Formam-se *faixas de absorção.* A absorção é mais forte no vermelho e azul-violeta. A luz verde e a amarela passam quase completamente.

Os carotenóides têm uma estrutura muito mais simples.

O *caroteno* ($C_{40}H_{56}$) é um hidrocarboneto e a *xantofila* ($C_{40}H_{56}O_2$), um produto de oxidação do mesmo. É digno de nota que o caroteno é transformado no organismo animal em *vitamina A.* Resulta daí o valor dietético dos vegetais que contêm êstes pigmentos em maior quantidade.

Os principais fatôres externos que influem sôbre a fotossíntese são o anidrido carbônico, a água, a luz e a temperatura.

O ar atmosférico contém apenas 0,03% de CO_2. Esta quantidade basta para garantir uma assimilação normal dos vegetais; age, porém, como fator limitante. Experiências provaram que a planta pode aproveitar quantidades até dez vêzes maiores, desde que haja luz suficiente. Em condições especiais pode-se obter maiores colheitas, aumentando o teor de CO_2 do ar (estufas). As fontes de CO_2 na natureza, que contribuem para manter sua concentração normal, são a respiração das plantas e dos animais, todos os processos de combustão e mais as emanações dos vulcões. Entre as plantas são os microrganismos do solo que fornecem a maior quantidade de CO_2 como produto final da degradação da matéria orgânica.

Para chegar às células, o gás carbônico deve passar para o interior do vegetal. Passa pelos estomas. Também nesse caso aplica-se a *lei do perímetro* quanto à eficiência dos mesmos. Como a abertura dos ostíolos é regulada de acôrdo com as

necessidades da transpiração, esta pode influir sôbre o grau de assimilação e conseqüente produção de matéria orgânica. Provou-se, por meio de experiências, que em épocas de sêca diminui a intensidade da fotossíntese. Pode haver, portanto, um antagonismo entre transpiração e assimilação.

A *luz*, como já foi dito, fornece a energia para o processo fotossintético. Na constância dos outros fatôres a fotossíntese aumenta proporcionalmente à intensidade da luz até um ótimo. Êste varia com as exigências de cada espécie de planta. É diferente para um vegetal que se desenvolve normalmente em plena luz e para outro adaptado à vida na sombra. Entre êstes extremos existem todos os tipos intermediários. Chamamos de *ponto de compensação* a intensidade em que a quantidade de CO_2 fixada pela fotossíntese é igual à quantidade de CO_2 desprendida pela respiração. Nas *plantas de luz plena* êste ponto é alcançado com uma luminosidade 1/70 a 1/13 da luz total. As *plantas de sombra* só necessitam de 1/300 a 1/100. Como estas exigências se relacionam com a organização específica dos vegetais, devem ser computadas no cultivo das mesmas, para se poder obter o maior proveito possível.

A *temperatura* tem influência sôbre a fotossíntese por se tratar de um processo ligado à função do citoplasma vivo. Os pontos cardinais variam bastante de acôrdo com a planta. Em têrmos gerais, pode-se dizer que o *mínimo* fica ao redor de 0 °C, o *ótimo* de 20 °C e o *máximo* de 40 °C.

Observação prática. É relativamente fácil demonstrar que a fotossíntese ocorre exclusivamente em tecidos clorofilados e sob a ação da luz, produzindo amilo e desprendendo oxigênio. A exemplificação dos demais fatos supradescritos é bastante complexa.

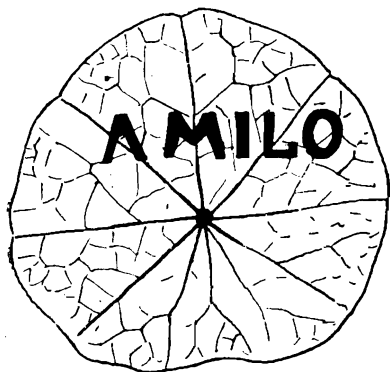



Fig. 63 — Fôlha de capuchinho (*Tropæolum majus*). Demonstra a produção de amilo pela fotossíntese. Original.

Luz e amilo. De manhã cedo ou ao anoitecer cobrimos uma fôlha de capuchinho ou de outro vegetal verde com uma lâmina de cartolina ou papel, prêto e opaco, da qual foram recortadas algumas letras, como por exemplo a palavra AMILO. A fôlha deve estar ligada à planta viva, não destacada. Exposta ao sol durante o dia, ficam iluminadas sòmente as partes correspondentes ao recorte. Findo o dia, destacamos a fôlha e extraímos a clorofila por meio dum banho em álcool aquecido. Em seguida tratamos a fôlha esbranquiçada com lugol. O amilo, formado pela fotossíntese nos lugares iluminados, tinge-se de escuro e faz aparecer as letras recortadas, escuras em fundo claro (Fig. 63).

Clorofila. Colocamos papel vegetal transparente sôbre uma fôlha variegada de *Coleus* ou de outro vegetal que apresente manchas brancas ou vermelhas aclorofiladas entre as partes verdes. Marcamos com lápis no papel os contornos exatos e a distribuição das côres da fôlha. A fôlha que deve ter sido bem iluminada antes de ser destacada da planta é tratada com álcool quente e lugol, da mesma maneira como na experiência supracitada. Sòmente as partes clorofiladas apresentarão a côr escura, indicadora da formação do amilo.

Oxigênio. As plantas verdes desprendem oxigênio enquanto iluminadas. Tal fato pode ser demonstrado com plantas aquáticas tais como *Helodea, Vallisneria* e outras num aparelho simples, montado de acôrdo com a Fig. 64. Convém inverter as fôlhas cortadas abaixo do funil de vidro para facilitar o desprendimento das bôlhas de gás. As fôlhas devem ser iluminadas diretamente pela luz solar dum dia claro. Imediatamente começam a produzir-se bôlhas de oxigênio que são captadas num tubo de ensaio inicialmente cheio dágua colocado sôbre o tubo do funil invertido. A prova do oxigênio pode ser dada introduzindo no tubo cheio de gás um fósforo em brasa que se incendeia imediatamente.

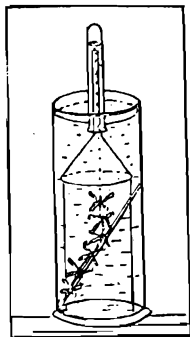



Fig. 64 — Demonstração do desprendimento de oxigênio durante a fotossíntese.

A *quimiossíntese* distingue-se da fotossíntese pela fonte de energia usada para a assimilação do CO_2. Certas bactérias realizam reações exotérmicas que as capacitam a aproveitar o CO_2 atmosférico para a síntese de seus hidratos de carbono no escuro. *Sulfobactérias*, *Nitrobactérias* e *Ferrobactérias* substituem a energia radiante da luz para êste fim pela energia química resultante destas reações. No entanto é de ressaltar que tais processos não adicionam novas energias às reservas existentes na terra, enquanto a fotossíntese capta, transforma e acumula sob forma de potencial químico energia radiante proveniente do sol.

Nutrição heterotrófica. Todos os vegetais que sintetizam sua substância orgânica, a partir do CO_2, por processos fotossintéticos ou quimiossintéticos são considerados *autotróficos*

(grego: *autos* = por si mesmo; *trephein* = nutrir), respectivamente *quimiotróficos*. Entretanto, há muitas plantas que precisam para sua vida substâncias orgânicas, provenientes do metabolismo de outros organismos. Suprem totalmente ou parcialmente, desta maneira, suas necessidades de C e N. São consideradas *heterotróficas* (grego: *héteros* = diferente, outro).

De acôrdo com a sua modalidade de vida, podemos agrupá-las nas categorias seguintes: saprófitas, parasitos, simbiontes, micorrizas e insetívoras.

As *saprófitas* (grego: *saprós* = sujeira; *phyton* = planta) extraem as substâncias orgânicas necessárias de organismos mortos. Muitos fungos, muitas bactérias e algumas plantas superiores pertencem a esta categoria.

Os *parasitos* (grego = *comensais*) aproveitam organismos vivos como fonte de seus suprimentos. Há formas parasíticas entre todos os tipos de vegetais. Prevalecem entre bactérias e fungos. São freqüentes as transições entre vida totalmente parasítica e parcialmente ou facultativamente saprofítica e autotrófica. Por exemplo: a conhecida *erva-de-passarinho* é um parasita (hemiparasita) de árvores capaz de realizar, com suas fôlhas verdes, a fotossíntese.

Simbiontes (grego = *convivas*) são comunidades de convivência entre duas ou mais espécies de organismos que completam seu metabolismo mediante trocas recíprocas. Exemplo interessante fornecem os liquens, compostos de algas autotróficas e fungos heterotróficos. As algas contribuem para o consórcio com carboidratos e os fungos fornecem água e sais minerais. O líquen é assim capacitado a viver em rochas duras e estéreis, inóspitas para cada um dos organismos isolados.

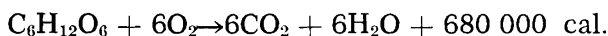
É provável que as simbioses tenham sua origem numa tentativa de parasitismo mútuo em que as fôrças de agressão e defesa dos parceiros atingiram um certo equilíbrio.

Micorrizas (grego = *mycos* = fungo; *rhiza* = raiz.) Em muitas árvores florestais, em orquídeas e outras plantas a função dos pêlos absorventes da raiz é exercida por micélios de fungos que parasitam as camadas exteriores dos tecidos radiculares e estão sendo digeridos pela raiz ao penetrarem em camadas mais profundas. No afã da agressão parasítica carregam para o interior da raiz boa parte das substâncias que seu micélio extenso decompõe e absorve na terra humosa dos matos.

Insetívoras. São vegetais potencialmente autotróficos que, vivendo em solos deficientes, suplementam sua nutrição com

N e P proveniente da digestão externa de corpos de insetos colhidos pelas suas fôlhas transformadas em rêdes, alçapões e outros mecanismos de captura.

Respiração — Todos os processos vitais, inclusive a manutenção da estrutura do citoplasma, envolvem trabalho e êste exige energia. Como já vimos, o vegetal armazena energia por meio da fotossíntese. Esta é libertada pelo processo da respiração. Em têrmos de Química, podemos dizer que a respiração representa uma espécie de combustão de matéria orgânica e, por isso, as reações se realizam no sentido contrário à fotossíntese.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 680\ 000 \text{ cal.}$$

Esta fórmula bruta deixa bem claro que a planta, absorvendo o oxigênio do ar, transforma a glicose em anidrido carbônico e água, libertando energia. Não há diferença fundamental entre plantas e animais quanto à respiração. Ela é contínua nos vegetais como nos animais, porém pode ficar disfarçada pela fotossíntese durante o dia. Sendo esta geralmente mais intensa, absorve o CO_2 desprendido na respiração. A verificação da produção de CO_2 é assim dificultada.

Pela fórmula se vê também, que no caso da glicose, para cada volume de oxigênio absorvido a planta desprende um volume de CO_2. A razão dos dois volumes e que é denominada *quociente de respiração*, seria neste caso:

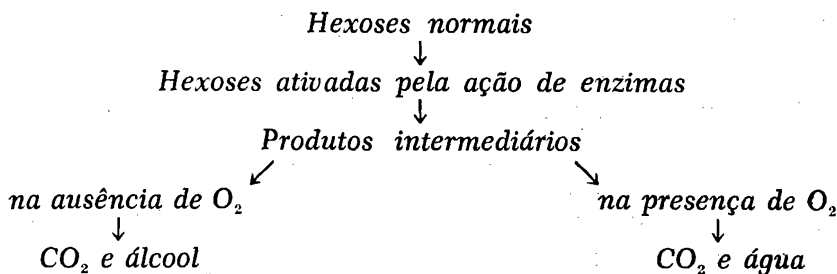
$$\frac{CO_2}{O_2} = 1$$

No caso do aproveitamento de outro material orgânico para a respiração, como graxas ou proteínas, o quociente será maior ou menor.

Devemos salientar que o processo respiratório é muito mais complexo do que pode parecer pela fórmula acima citada. Trata-se, de fato, de uma reação em cadeia, cujas fases se realizam nos mitocôndrios.

Diferentemente da combustão normal, a respiração se realiza de maneira lenta em temperaturas baixas e sem produção de luminosidade. Isto se explica pela presença das enzimas que, com sua ação específica, interferem em tôdas as reações intermediárias, contribuindo para a regulação do processo.

Os trabalhos sôbre o quimismo da respiração revelaram que não há diferença fundamental entre respiração e fermentação, como se acreditava antigamente. Por fermentação entende-se a libertação de energia provocada por determinadas enzimas, em geral, na ausência de oxigênio atmosférico. Ao contrário do que ocorre na respiração pròpriamente dita, os produtos finais são CO_2 e álcool etílico ou outras substâncias em vez de CO_2 e H_2O. Mesmo as plantas superiores privadas de oxigênio continuam respirando *anaeròbicamente*, desprendendo, então, em lugar de CO_2 e água, CO_2 e álcool etílico. Parece que as primeiras fases da respiração e da fermentação são idênticas. Elas são caracterizadas pela assim chamada ativação das hexoses normais, em compostos menos estáveis. Nisto interferem enzimas na presença de ácido fosfórico. As hexoses ativadas são desdobradas em produtos intermediários que, sob a ação de enzimas, reagem especìficamente.

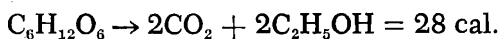
O seguinte esquema dá uma idéia do fenômeno:

Entre os fatôres externos que influem sôbre a respiração, destaca-se a *temperatura*. Dentro de certos limites, há um aumento da intensidade da respiração, proporcional ao aumento da temperatura. Uma elevação da temperatura em 10 graus acelera a respiração de duas a três vêzes, porém sòmente entre 5 ºC e 30 ºC (*Lei de* VAN'T HOFF). Acima de 30 ºC a aceleração diminui até que, entre 40 a 50 ºC, a respiracão cessa completamente. Trata-se naturalmente de têrmos médios, havendo exceções específicas tanto para baixo como para cima.

As *fermentações*, como já vimos, são processos que visam a liberação de energia quase sempre na ausência de oxigênio. Geralmente, os agentes das fermentações são vegetais inferiores, como fungos e bactérias, que, por meio de enzimas, desdobram matéria orgânica, ganhando assim a energia necessária aos seus processos vitais. Tratando-se, na maioria dos casos, de transformações incompletas, o rendimento em ener-

gia é relativamente pequeno em comparação com a respiração. Porém, êste *deficit* em qualidade costuma ser compensado pela quantidade de matéria fermentada.

Na natureza existem inúmeros tipos de fermentação, de acôrdo com o organismo que a provoca e a matéria fermentada. Citaremos apenas algumas que, pelos produtos finais, têm importância econômica para o homem, p. ex.: a fermentação alcoólica, a láctica, a butírica e a acética.

A *fermentação alcoólica* tem como agente um grupo de fungos do gênero *Saccharomyces*, o *levedo*, que por meio de enzimas desdobra o açúcar, deixando como produtos finais, o CO_2 e álcool:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH = 28 \text{ cal.}$$

Como se vê, o rendimento em energia é bastante reduzido, o que se explica, aliás, pelo fato de ser o álcool uma substância rica em energia calorífica. O quimismo da fermentação alcoólica difere do da respiração pelo destino do acetaldeído, um dos produtos intermediários da oxidação de uma triose; no caso em aprêço, o acetaldeído serve de *aceptor* para o hidrogênio, formando-se álcool etílico.

Desta maneira, a fermentação alcoólica, como muitas outras, é caracterizada pelo fenômeno da óxido-redução: oxidação de uma das trioses pelo oxigênio da água, formando-se ácido pirúvico que, por sua vez, é desdobrado em anidrido carbônico e acetaldeído; redução do acetaldeído pelo hidrogênio da mesma água, formando-se álcool etílico.

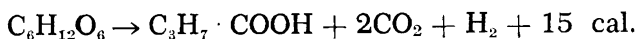
A *fermentação láctica* é obra de um grupo de bactérias que desdobram o açúcar do leite (lactose), primeiramente em glicose e galactose e depois em ácido láctico, obtendo, assim, energia.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3 \ CHOH \ COOH + 26\,000 \text{ cal.}$$

Devido à ação antagônica destas bactérias em relação a outras bactérias causadoras de putrefação, o leite fermentado (azedado) tem efeito dietético. Pelo mesmo motivo, usa-se a fermentação láctica para a conservação de pasto verde em forma de silagem e também para a fermentação do fumo.

A *fermentação butírica* também causada por bactérias (*Bacc. amylobacter*) é de grande importância na decomposição de matéria vegetal morta (fôlhas) na natureza. Contribui, assim, para o ciclo biológico do carbono. Por êste tipo de fer-

mentação, a celulose é transformada em glicose e esta, por uma série de reações, desdobrada em ácido butiríco, anidrido carbônico, hidrogênio livre e energia.

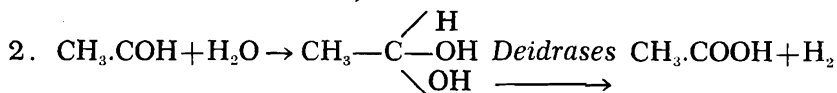
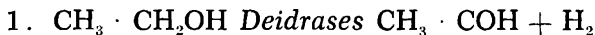
$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_7 \cdot COOH + 2CO_2 + H_2 + 15 \text{ cal.}$$

Na *fermentação acética*, o álcool etílico, sob a ação do oxigênio do ar, é transformado em ácido acético. Como se vê, esta fermentação se distingue das outras pela intervenção do oxigênio nas reações.

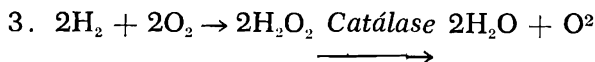
$$CH_3CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O + 117\,000 \text{ cal.}$$

Como na respiração normal, não se trata de uma oxidação direta.

Ressalta até, neste tipo de fermentação, o papel do oxigênio como *aceptor* do hidrogênio libertado por uma deidrase. O desprendimento do hidrogênio realiza-se em duas fases. Na primeira forma-se acetaldeído e na segunda, o ácido acético pela hidratação do acetaldeído:

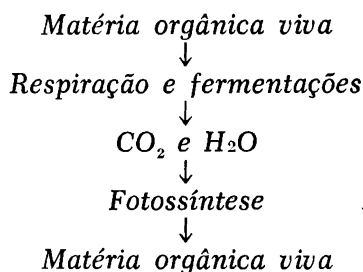
1. $CH_3 \cdot CH_2OH \xrightarrow{\textit{Deidrases}} CH_3 \cdot COH + H_2$

2. $CH_3.COH + H_2O \rightarrow CH_3—C(H)(OH)—OH \xrightarrow{\textit{Deidrases}} CH_3.COOH + H_2$

As duas moléculas de hidrogênio se ligam a duas de oxigênio. Forma-se água oxigenada que, por ser venenosa para a célula vegetal, é desdobrada por um fermento, a catálase, em água e oxigênio:

3. $2H_2 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O_2 \xrightarrow{\textit{Catálase}} 2H_2O + O^2$

Graças a esta "queima" de hidrogênio, o rendimento em energia neste processo é tão alto. É digno de nota que pode ser conduzido da mesma maneira com outra substância orgânica servindo de *aceptor*. Torna-se então anaeróbico.

A respiração, como a fermentação, além do seu papel de fonte de energia para os vegetais, influi ainda poderosamente sôbre o *ciclo biológico do carbono* na natureza. Pelo desdobramento de matéria orgânica, êstes processos libertam o anidrido carbônico, indispensável à fotossíntese.

O ciclo é o seguinte:

Matéria orgânica viva
↓
Respiração e fermentações
↓
CO_2 *e* H_2O
↓
Fotossíntese
↓
Matéria orgânica viva

As *proteínas* — Servindo-se de glicose como matéria-prima, o vegetal sintetiza todos os outros compostos orgânicos. Entre êstes, destacam-se as proteínas como elemento principal do citoplasma. São corpos de estrutura química complexa. A maioria destas substâncias é formada por moléculas muito grandes, de pêso molecular elevado. O pêso molecular da gelatina, p. ex., foi calculado aproximadamente em 10 000 até 30 000.

As proteínas podem ser classificadas de acôrdo com a sua solubilidade em:

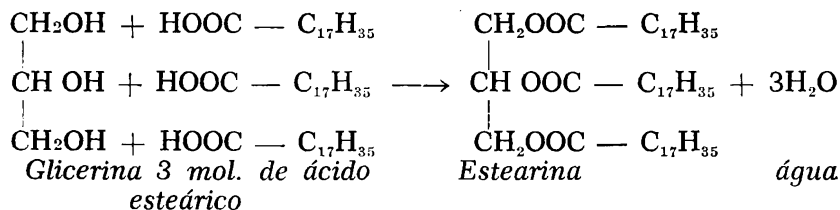
1. *Albuminas* — Solúveis em água. Não existem quase nos vegetais.
2. *Globulinas* — Insolúveis em água, solúveis em soluções fracas de sais.
3. *Prolaminas* — Insolúveis em água e soluções fracas de sais, solúveis em álcool a 70%.
4. *Glutelinas* — Insolúveis em qualquer dos solventes anteriores, solúveis em álcalis diluídos.
5. *Histonas* — Não se encontram em estado livre e sim combinados com nucleoproteínas e outros protídios complexos.

A degradação das substâncias protéicas como fase final do metabolismo das proteínas se realiza gradativamente por intermédio de enzimas. Nem sempre, porém, termina com os aminoácidos. Nos processos de mobilização das substâncias, na época do crescimento, p. ex., observa-se a desintegração dos próprios aminoácidos, resultando daí a formação de amônia. Êste processo chama-se de *desaminação.*

As *substâncias graxas, lipoproteídeos,* etc. se encontram geralmente nos vegetais como elementos de reserva, principal-

mente nas sementes e nos esporos. É a forma mais concentrada de material de reserva. Contém duas vêzes a energia potencial dos carboidratos. Quanto ao seu quimismo, trata-se, na maioria dos casos, de ésteres da glicerina com ácidos graxos, como mostra o seguinte exemplo:

$$\begin{array}{l} CH_2OH + HOOC - C_{17}H_{35} \\ | \\ CH\,OH + HOOC - C_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2OH + HOOC - C_{17}H_{35} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OOC - C_{17}H_{35} \\ | \\ CH\,OOC - C_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2OOC - C_{17}H_{35} \end{array} + 3H_2O$$

Glicerina 3 mol. de ácido esteárico — *Estearina* — *água*

Conforme os componentes, as graxas podem ser sólidas ou líquidas. As *cêras* se distinguem das graxas pela presença, na molécula, de um álcool monoidroxílico em lugar da glicerina. Encontramos as cêras nos vegetais, principalmente como meio de proteção, na superfície das fôlhas e dos frutos.

O *nitrogênio*, como elemento indispensável à síntese das substâncias protéicas, completa, como o carbono, um verdadeiro ciclo na natureza. Começa com os nitratos do solo até a formação da matéria viva e vice-versa.

Ciclo do nitrogênio

Nitratos do solo

↓

Síntese das proteínas no organismo vegetal.

↓

Transformação da matéria vegetal em matéria animal.

↓

Formação de amônia dos excrementos animais (uréia) *e de animais e vegetais mortos pela ação dos microrganismos* (podridão e putrefação) *e do nitrogênio do ar fixado por bactérias. Desaminação dos vegetais.*

↓

Transformação da amônia em nitratos pela ação das bactérias nitrificadoras.

O solo contém relativamente pouco nitrogênio, tanto que numa agricultura intensa se torna necessário substituí-lo através da adubação. A maior reserva dêste elemento existe no ar atmosférico embora inaproveitável para a maioria das plantas superiores na sua forma molecular. Sòmente as *Leguminosas* em simbiose com *Rhizobium leguminosarum* podem fazer uso dêle, diretamente. Entretanto, existe outro ciclo normal do N_2 entre solo e atmosfera. Pelas descargas elétricas durante as tempestades é transformado em NO_3^- e levado para o solo com a água da chuva. Parte é aproveitada pelas plantas superiores e parte reduzida para o N_2O e N_2, sob forma gasosa, pelas *bactérias denitrificantes*, voltando à atmosfera. Há, também, outros organismos edáficos (*Pactériae, Actinomycetes* e *Cyanophyceae*) capazes de interferir no ciclo do N_2 fixando-o no solo sob forma de NH_3 diretamente da atmosfera.

Observação prática.

Oxigênio. Para demonstrar o gasto de oxigênio no processo respiratório, colocam-se fôlhas verdes e vivas de capim em dois cilindros altos, de vidro. Os cilindros são em seguida bem tampados. Caso tiverem bôca esmerilhada, basta untá-la com vaselina ou graxa-patente e colocar uma placa de vidro. Um dos cilindros permanece no escuro. Neste cessa a fotossíntese, continuando sòmente a respiração. Se, depois de aproximadamente 24 horas, introduzirmos uma vela acesa, espetada num arame em forma de anzol, sua chama se apagará pela falta de oxigênio. O mesmo resultado obteremos se, em vez do capim verde, utilizarmos grãos de feijão ou outras sementes em germinação, incapazes de realizarem a fotossíntese. O segundo cilindro deixamos iluminado em plena luz do dia. Suas fôlhas produzem O_2. A chama da vela não se apaga.

Fig. 65 — Respiração. Aparelho destinado a demonstrar a produção de CO_2. A = Recipiente com mercúrio; B = Hidróxido de potássio; C = Pétalas aclorofiladas ou sementes em germinação.

Temperatura. Sendo a respiração uma combustão lenta, é claro que produz calor. O aumento de temperatura pode ser verificado colocando sementes em germinação num frasco térmico, bem fechado e munido dum termômetro. A temperatura se eleva de 30 a 50 °C.

Gás carbônico. Para demonstrar o desprendimento de gás carbônico usa-se o aparelho descrito pela Fig. 65. No balão invertido de vidro (Fig. 65, C) colocam-se pétalas de mimo-de-vênus ou sementes germinadas. O CO_2 produzido pela respiração é absorvido pelo KOH colocado

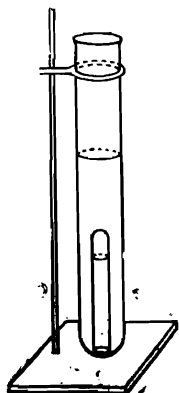
em C. O vácuo relativo resultante no balão faz subir a coluna de mercúrio (Fig. 65, A).

Para demonstrar o mesmo fenômeno num processo fermentativo usam-se dois tubos de ensaio, desiguais em tamanho, de acôrdo com a Fig. 66. Introduz-se no tubo uma solução de açúcar a 10% com cuidado para evitar a formação de bôlhas de ar no tubo menor. Adiciona-se, a seguir, uma pitada de fermento Fleischmann ou produto similar. As bôlhas de CO_2 resultantes se acumulam no tubo menor. Dissolvendo no líquido um pouco de KOH, o mesmo absorve todo o CO_2 formado, fazendo desaparecer a bôlha de gás.

Fig. 66 — Fermentação. Aparelho para demonstração da produção de CO_2 pela fermentação.

III PARTE: FISIOLOGIA

CAP. II. CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

O crescimento pode ser definido como o aumento irreversível do volume ou do pêso do vegetal à custa dos elementos nutritivos absorvidos do ambiente, deduzindo-se o gasto pela respiração.

Podemos distinguir três fases de crescimento:

1 — O *crescimento embrionário* ou *meristemático* se realiza nos pontos vegetativos, câmbio, etc. É caracterizado pela intensa multiplicação celular acompanhada de considerável aumento da massa citoplasmática, sem grande acréscimo ao volume geral do tecido (compare: *meristemas*). O mecanismo da transformação dos elementos indiferenciados em substâncias altamente diferenciadas pode ser parcialmente explicado pela *teoria das matrizes*, que dirigidas pelos ácidos nucléicos, provocam a autocatálise da matéria viva.

2 — O *crescimento de alongamento* ou *distensão* corresponde ao aumento do volume celular provocado pela absorção de grande quantidade de água. Formam-se os vacúolos, enquanto o citoplasma se distribui numa delgada camada nas paredes da célula. Acompanhando o aumento do volume, as membranas se alongam, incorporando matéria específica (celulose) à sua estrutura. É esta fase que torna o crescimento visível, em certos casos, até diretamente e a ôlho nu.

3 — O *crescimento de diferenciação* caracteriza-se pela adaptação das células a determinadas funções (espessamento das membranas, formação de substâncias de reserva, etc.).

Nem tôdas as células do vegetal, porém, chegam a um estado de diferenciação definitivo. Nas plantas, diferentemente dos animais, existem sempre *zonas de crescimento*, camadas de células embrionárias que se dividem contìnuamente. Na raiz, a zona de crescimento é localizada logo acima da coifa (subterminal), de pouca extensão, medindo sòmente alguns milímetros ou menos. No caule a zona de crescimento (ponto

vegetativo) é terminal, geralmente, de poucos mm, mas pode chegar a 50 cm de comprimento. Há zonas de crescimento no meio de tecido já diferenciado, como nas fôlhas e nos caules das gramíneas, chamando-se êste crescimento de *intercalar.* Zonas de crescimento em espessura são o câmbio, localizado entre o córtex e o cilindro central, e o felogênio, zona geradora de cortiça.

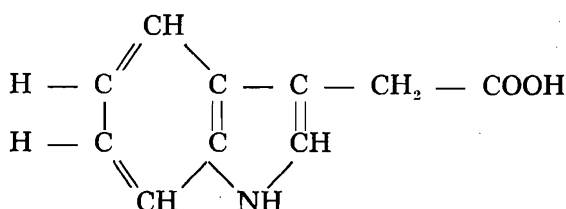
A velocidade de crescimento por unidade de tempo não é a mesma durante todo o desenvolvimento do vegetal. Começando lentamente, aumenta gradativamente até um máximo, baixando depois novamente até zero. SACHS chamou êste fenômeno de *grande período de crescimento.* O seguinte quadro representa dados obtidos com sementes de feijão:

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8
Acréscimo em m/m	1,8	3,7	17,5	16,5	17,0	14,5	7,0	0

O estudo dos fenômenos relacionados com o crescimento, revelou que existem substâncias reguladoras do mesmo. Estas substâncias chamadas *hormônios*, tanto aceleram como retardam o crescimento, conforme a sua concentração. Um hormônio pode ser definido como um elemento ativo produzido em quantidade mínima numa parte do organismo e daí transmitido para outras partes onde provoca determinada atividade. Os hormônios têm sido chamados de mensageiros químicos. Há hormônios animais e vegetais, porém os nossos conhecimentos a respeito dos últimos são relativamente recentes. O efeito dos hormônios manifesta-se principalmente na segunda fase do crescimento, na do alongamento das células.

Os hormônios mais freqüentemente encontrados nos vegetais são as *auxinas*, ácidos orgânicos de estrutura complexa. São eficazes ainda em concentrações mínimas.

Além das auxinas foram descobertas substâncias que podem ser produzidas sintèticamente e que têm o mesmo efeito sôbre o crescimento, como, p. ex., o ácido indolacético (hétero-auxina). A sua estrutura química é a seguinte:

```
             CH
           //   \
    H — C         C — C — CH2 — COOH
        |         ||   ||
    H — C         C    CH
         \\     /  \  /
           CH       NH
```

Estas substâncias não se encontram em tôda parte no vegetal. A produção se dá principalmente na ponta dos caules e das raízes. As experiências com auxinas têm sido feitas de preferência com a *coleóptile* das gramíneas (ponta do caule nôvo) que produz auxinas em abundância. Verificou-se experimentalmente que a zona de formação da auxina abrange apenas frações de milímetros, enquanto a zona de crescimento fica a uma distância de 5 a 7 mm. Por isso, para acelerar o crescimento, a auxina deve se difundir pelo tecido em direção à base. Prova-se isto da seguinte maneira: corta-se a ponta de uma coleóptile, colocando-a em seguida sôbre um pedaço de ágar-ágar. Depois de um certo tempo coloca-se o ágar-ágar sôbre uma coleóptile recém-decapitada, a qual crescerá normalmente. Provou-se, assim, que a auxina difundiu da ponta para o ágar-ágar e dêste para a coleóptile. Por outro lado, isolando a ponta da coleóptile por meio de uma lâmina de mica, não haverá crescimento por ser a mica impermeável à auxina.

Apesar de não haver uma diferença fundamental entre crescimento e *desenvolvimento*, podemos definir êste último como uma decorrência da diferenciação das células em tecidos de funções especializadas. Daí resulta a formação dos órgãos. A base de todo o desenvolvimento é a divisão celular com a conseqüente multiplicação do número de células. No início elas conservam ainda tôdas as potências quanto à futura função. De acôrdo com o desenvolvimento do vegetal, estas células vão se especializando numa determinada função, chegando assim a um estado definitivo. Admite-se, porém, que qualquer célula diferenciada, desde que esteja viva, conserva sempre um resto da equipotencialidade primitiva, podendo, por isso, retornar ao estado embrionário, se fôr necessário. Isto pode acontecer no caso da perda de órgãos inteiros ou para cicatrizar feridas. Chamamos êste processo de *regeneração*.

A forma típica que adquire o vegetal no curso de seu desenvolvimento é determinada em primeiro lugar pela massa hereditária. Mas os fatôres externos influem também, ou provocando o aparecimento de certos caracteres, ou determinando a maneira e o lugar de se manifestarem os fatôres hereditários. Devemos, por isso, distinguir entre fatôres internos (autônomos) e externos que influem sôbre o desenvolvimento.

Entre os *fatôres externos*, além da água e dos elementos de nutrição que já foram tratados em capítulos anteriores, destacam-se a *temperatura* e a *luz*. A influência dêstes fatôres se faz notar dentro de certos limites. Fora dêstes limites cessa o crescimento. O ponto em que começa o crescimento é o *mínimo*,

daí, a velocidade do crescimento vai aumentando até chegar a um ponto *ótimo*, decrescendo depois novamente até chegar ao *máximo*. Êstes três pontos cardinais variam naturalmente de acôrdo com o fator e a função a serem submetidos à experimentação. Uma vez que todos os fatôres constituem um conjunto de influência às vêzes antagônicas, uma em relação a outra, pode-se dizer que o desenvolvimento normal de uma planta depende da combinação harmoniosa de todos os fatôres externos, do *ótimo ecológico*.

Os pontos cardinais da *temperatura* variam com a espécie de vegetal. Em geral, os limites ficam entre 0° e 45 °C. Plantas tropicais têm um mínimo, as bactérias termófilas um máximo mais alto, como mostram os dados seguintes:

Planta	Mínimo	Ótimo	Máximo
Trigo (*Triticum vulgare*)	0	29	43 °C
Hydrurus (alga)	—	—	16 °C
Abóbora (*Cucurbita pepo*)	13	26	44 °C
Bact. calfactor (Bactéria termófila)	30	60	70 °C

As partes das plantas que se encontram em estados de desidratação ou de vida latente, como *sementes sêcas* e *esporos*, resistem a temperaturas muito além do mínimo e do máximo (abaixo de 0° e acima de 100 °C). Não podemos deixar de mencionar um fenômeno que se relaciona com a influência de temperaturas extremas sôbre o ciclo evolutivo dos vegetais. Descobriu-se que a aplicação de temperaturas baixas (aproximadamente 0 °C) sôbre sementes recém-germinadas, abrevia a fase vegetativa das plantas, fazendo-as florescer 2 a 3 semanas antes do tempo normal. Chama-se êste processo de *vernalização*. Foi usado pela primeira vez na Rússia por LYSENKO. Sua importância prática reside na fato de poder transformar a ciclo evolutivo bienal de certos cereais (trigo, centeio) em anual, evitando, assim, prejuízos provenientes de frio excessivo no inverno. Tradicionalmente, nos climas temperados e frios, estas plantas são semeadas no outono. As plantinhas novas passam o inverno numa espécie de estado latente. Começam a desenvolver-se novamente na primavera do ano

seguinte, florescendo e frutificando no fim do verão. Pela vernalização, elimina-se a fase invernal, fazendo-se a semeadura na primavera do mesmo ano.

Nos trópicos observa-se, às vêzes, a floração em massa de orquídeas e outras plantas depois de uma queda brusca da temperatura em conseqüência de chuvas torrenciais.

A *luz*, em geral, retarda o crescimento. Porém não há um mínimo em relação a êste fator, porque as plantas crescem também no escuro. Sòmente quando a escuridão é contínua, o porte da planta modifica-se completamente. O caule, os galhos e os pecíolos das fôlhas alongam-se anormalmente, enquanto os limbos das fôlhas são reduzidos. Além disso, as plantas criadas no escuro têm pouco tecido lignificado. Apresentam uma côr amarelada. Fala-se, neste caso, em *estiolamento*. Êste tem um papel importante na luta das plantas pelo espaço e principalmente pela luz (vegetação das florestas).

O ótimo da luz varia de acôrdo com a planta. Há plantas adaptadas à luz forte do sol, chamadas, por isso, *heliófilas*, e outras cujo habitat é na sombra, as *esquiófilas* ou *umbrófilas*.

A luz tem também efeito formativo. Na primeira divisão de esporos e células iniciais de muitas plantas, a membrana se orienta de uma maneira típica, formando sempre um ângulo reto com os raios da luz. A dorsiventralidade de certos órgãos é devida à influência da luz.

Um efeito da luz, descoberto há relativamente pouco tempo, é o *fotoperiodismo*, caracterizado pela influência da iluminação diária de um vegetal sôbre seu ritmo de desenvolvimento. A significação da fotoperiodismo é a seguinte:

Podemos dividir as plantas em 3 grupos, segundo sua reação relativa à duração do dia e da noite. As plantas do primeiro grupo exigem dias longos e noites curtas para florescerem e frutificarem normalmente. No segundo, reúnem-se aquelas que precisam de dias curtos e noites longas. O terceiro, finalmente, compreende as plantas chamadas neutras em relação às horas de iluminação diária.

Agora, se uma planta de um determinado grupo é cultivada em condições contrárias ao seu tipo, p. ex., uma planta de dias longos numa zona geográfica de dias curtos, aumenta o seu desenvolvimento vegetativo à custa da reprodução que, em certos casos, pode ser suprimida completamente. Êste fato deve ser tomado em consideração, quando se pretende cultivar plantas em zona de latitude diferente daquela de origem do vegetal.

Plantas de dias longos são os cereais, como trigo, centeio,

aveia, cevada, e outras, como beterraba, ervilha e espinafre. O espinafre já não floresce mais, quando o período diário da luz tem menos de 13 horas. Floresce mais ràpidamente em luz contínua.

Plantas de dias curtos são, entre outras, soja, certas variedades de fumo, de feijão e de batatinha. Tôdas estas plantas tiveram sua origem nas zonas tropicais e subtropicais.

Um exemplo de *planta neutra* é o nosso girassol.

O crescimento pode ser influenciado também por outros organismos vivos, havendo, neste caso, uma deformação de tecidos chamada *galhas* ou *cecídias*. Estas chamam-se *fitocecídias*, quando causadas por vegetais (fungos) e *zoocecídias*, quando provocadas por animais (insetos). A forma da galha é típica para cada espécie de organismo causador e, por isso, há uma grande variedade de cecídias. As nodosidades nas raízes das leguminosas, p. ex., são galhas causadas pelas bactérias fixadoras do nitrogênio do ar.

No ritmo do crescimento das diversas partes de um vegetal há, naturalmente, uma certa interdependência. Cada um dos processos relacionados com o crescimento, que se realiza numa determinada parte do vegetal, só o pode fazer normalmente se os outros também se realizam harmoniosamente. A modificação de um dos processos se reflete forçosamente nas outras funções. Existe, portanto, uma *correlação* entre tôdas as funções do vegetal.

Normalmente, uma parte dos gomos axilares dos galhos não se desenvolve. Cortando, porém, a ponta do galho, os gomos mais próximos começam a brotar, por efeito de correlação. Outro exemplo de correlação são as modificações que se operam no ovário depois de fecundado.

Os *fatôres internos* que influem sôbre o crescimento são a *polaridade* e a *periodicidade*.

A *polaridade* é o fenômeno caracterizado pela determinação dos *pólos* do futuro organismo. Esta predeterminação fica inerente às células e aos órgãos durante tôda a vida do vegetal. Pedaços de galhos cortados, p. ex., sempre desenvolvem galhos novos no lado morfològicamente apical e raízes adventícias no lado morfològicamente basal, mesmo quando suspensos em sentido inverso.

Nas plantas superiores o crescimento e o desenvolvimento não apresentam sempre a mesma intensidade. Há, geralmente, uma alternação entre períodos de crescimento intenso e períodos de repouso. Chamamos isso de *periodicidade*.

Suas causas residem em disposições internas e influências

climatéricas externas. Porém, há plantas periódicas e aperiódicas. Encontram-se ambos os tipos até no clima constante dos trópicos. Às vêzes observa-se diferença de periodicidade entre os diversos galhos de uma mesma árvore. Tansferindo árvores com periodicidade bem acentuada, originárias de um clima com estações definidas para o clima tropical ou subtropical, elas não perdem sua periodicidade. Isso prova que o fenômeno tem causas internas. Plantas herbáceas também apresentam periodicidade, porque durante uma determinada fase de seu desenvolvimento o crescimento é acelerado (grande período do crescimento).

Comparando os animais com crescimento limitado com os vegetais, que durante tôda a vida conservam zonas de crescimento em funcionamento, surge a pergunta se há, no reino vegetal, *envelhecimento* e *morte*. No caso dos organismos unicelulares, que se multiplicam por divisão direta, formando-se de um indivíduo dois novos com as mesmas propriedades e a mesma vitalidade, de fato existe imortalidade, ao menos potencial, quando se leva em consideração que pode haver uma morte acidental por influência de fatôres externos. Porém, quando se trata de vegetais de organização mais complexa, observamos uma diferenciação dos tecidos em dois tipos, os generativos com vida potencialmente ilimitada e os somáticos, com vida limitada. A morte, neste caso, é o resultado previsto de uma divisão de trabalho entre células de reprodução, que sobrevivem, e células somáticas de vida limitada, porém eficientes em suas funções específicas. Ainda resta saber se os tecidos embrionários de fato são potencialmente imortais. No caso de certos musgos, p. ex., formadores de turfa, os tecidos basais morrem, enquanto as partes superficiais se renovam contìnuamente, desde milhares de anos. O mesmo acontece com muitos rizomas. O que impede que as árvores cresçam ilimitadamente são deficiências na condução da água e dos elementos minerais. Não podem atingir tão grandes alturas por causa da obstrução dos vasos.

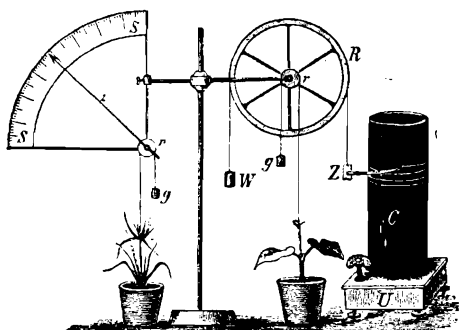



Fig. 67 — Auxanômetros segundo NOLL. À esquerda, auxanômetro simples com ponteiro; à direita, auxanômetro automático.

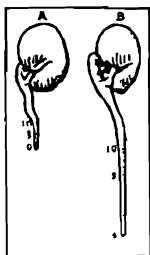



Fig. 68 — Crescimento desigual da raiz. A: Marcação da ponta da raiz de *Vicia faba* com tinta nanquim dividindo-a em 10 partes iguais. B: A mesma raiz depois de 22 horas, mostrando o crescimento desigual através da diferença de distância entre as marcas. (Seg. SACHS.)

Observação prática.

1 — *Crescimento.* Há diversas maneiras de medir o crescimento. O alongamento do caule mede-se por meio de um microscópio horizontal ou de um aparelho especial, o auxanômetro ou auxanógrafo, que indica o crescimento por meio de um ponteiro, como mostra a Fig. 67.

O crescimento da raiz mede-se simplesmente pela marcação da zona de crescimento de uma raiz nova. Esta marcação pode ser feita com nanquim em forma de uma escala com divisões eqüidistantes. Como se vê na Fig. 68, as marcas se distanciam umas das outras em virtude do crescimento da raiz. Pondo o acréscimo em relação com o tempo decorrido, obtém-se a velocidade do crescimento. Além disso, verifica-se que a raiz cresce mais na zona próxima à ponta do que na base. Para tais experiências convém usar espécimes de crescimento rápido. No auxanômetro recomendam-se plantas germinativas de milho. O fio pode ser afixado na ponta da coleóptile com um pouco de plastilina. Bom material para marcação da raiz fornecem sementes de feijão germinadas numa Placa de Petri forrada com papel filtro ou mata-borrão molhado.

2 — *Regeneração.* Se plantarmos pedaços vivos de caules de roseiras, salgueiros ou cana-de-açúcar em terra fôfa ou num recipiente com água podemos, depois de alguns dias, verificar o aparecimento de raízes, flôres ou brotos novos. Tal fenômeno de regenaração pode ser observado em qualquer planta multiplicada por estacas, etc.

3 — *Polaridade.* Para o bom sucesso da experiência anterior, deve-se respeitar a posição natural das estacas. As raízes sempre nascem na parte basal. Se colocarmos as estacas em posição invertida em água ou numa câmara úmida, ou as raízes se formarão na parte superior da estaca, devido às fôrças da polaridade, ou a regeneração falha.

Também nos fio da alga *Oedogonium* é fácil mostrar a importância da polaridade. Se plasmolizarmos um fio desta alga, verificaremos que tôdas as suas células contraem seu protoplasto para o lado dirigido à ponta do fio, nunca para o da célula de fixação.

4 — *Estiolamento.* O alongamento dos órgãos pela falta de luz pode ser fàcilmente demonstrado plantando várias sementes de feijão, em dois potes com terra. Um se mantém no escuro, respectivamente sob iluminação deficiente e o outro sob iluminação solar normal. Poucos dias após o começo da germinação já se notam consideráveis diferenças no comprimento do hipocótilo e epicótilo nas duas culturas.

III PARTE: FISIOLOGIA

CAP. III. OS MOVIMENTOS

CAPÍTULO III

OS MOVIMENTOS

Movimentos ativos são manifestações de vida. Nos animais, o tipo de movimento mais comum é a locomoção. Nos vegetais encontramos principalmente movimentos dos diversos órgãos com o fim de orientá-los no espaço e movimentos passivos das sementes e outros órgãos de reprodução.

Podemos dividir os movimentos ativos dos vegetais em três grupos:

1. Movimentos citoplasmáticos.
2. Movimentos de locomoção de indivíduos inteiros.
3. Movimentos de orientação dos órgãos de plantas fixas.

Os *movimentos* são *induzidos*, quando provocados por um estímulo exterior e *autônomos*, quando causados por fatôres internos. Os estímulos externos agem sôbre a planta devido à irritabilidade das mesmas. Há sempre uma reação típica por parte da planta. O mecanismo dêste processo é bastante complexo e composto de diversas fases.

Inicialmente, o estímulo deve agir durante um certo tempo para provocar a reação. O tempo mínimo chama-se *tempo de apresentação.* A planta ou o órgão percebe o efeito do estímulo pela *suscepção.* Daí resulta a irritação do citoplasma na fase da *indução.* Esta se transmite pela *condução* até o ponto em que se dá a *reação,* como o único fenômeno visível da cadeia. O tempo que transcorre entre o início da irritação e a reação chama-se *tempo de reação.* Os valôres do tempo da apresentação e o tempo da reação variam naturalmente com a intensidade e natureza do estímulo e com a espécie e disposição da planta.

Além dos movimentos ativos existem movimentos passivos pela ação de agentes exteriores, como vento, água e animais, visando a propagação de esporos, sementes e frutos.

Movimentos citoplasmáticos encontramos principalmente em células novas. Em conseqüência dêstes movimentos, o ci-

toplasma arrasta os elementos figurados da célula (plastídios, núcleo, inclusões). Segundo a direção do movimento, distinguimos entre *rotação*, quando o citoplasma se movimenta ao longo das paredes da célula e *circulação*, quando há correntes de direções diferentes, atravessando a célula e, finalmente, *flutuação*, quando o movimento é orientado alternadamente em direções opostas (fungos). As causas dêstes movimentos podem ser autônomas e contínuas (pêlos, *Nitella*), ou induzidas, por ex., por feridas (*Vallisneria Elodea*). Condições favoráveis são: riqueza em oxigênio e temperatura adequada. No caso da falta de oxigênio e em temperaturas baixas, cessa o movimento.

Movimentos de locomoção são típicos dos vegetais inferiores, dos zoósporos e gametas. Locomovem-se por meio de cílios, flagelos ou pseudópodos. Sua direção depende freqüentemente de estímulos externos. Neste caso, falamos de *tactismos* ou *taxias*. São positivos, quando o organismo se movimenta em direção ao estímulo; negativos, quando foge ao estímulo.

Além dêstes movimentos ativos observam-se em muitos frutos, sementes e outros órgãos e até em vegetais inteiros (Ex.: Rosa-de-Jericó) movimentos passivos de locomoção através de mecanismos especiais bastante peculiares. São muito importantes para a disseminação e sobrevivência de muitas espécies.

Os principais tactismos são:

O *fototactismo* provocado pela luz. Algas e muitos zoósporos apresentam fototactismo positivo; os plasmódios dos mixomicetes, fototactismo negativo.

Quimiotactismo, movimento locomotor causado pela influência de substâncias químicas. As bactérias se locomovem no substrato em direção à concentração mais favorável dos elementos nutritivos. Os espermatozóides dos musgos são atraídos por sacarose, os das samambaias por ácido málico, achando, assim, o caminho para o arquegônio.

Aerotactismo (oxigênio) e *hidrotactismo* (água) podem ser considerados como modalidades do quimiotactismo.

Os movimentos de orientação dos órgãos das plantas superiores distinguem-se pelo tipo da reação. Se os movimentos são orientados pela direção de que procede o estímulo, são denominados *tropismos*; se a reação do vegetal independe da direção do estímulo, *nastias* ou *nastismos*. Podem ser executados por fenômenos de crescimento ou por variação do tur-

gor dos tecidos. Um crescimento desigual ou tensão desigual dos lados dum órgão provoca curvaturas.

As tensões de tecidos como causa dos movimentos de variação, baseiam-se em diferenças existentes entre os diversos tecidos, quanto à elasticidade das células. A elasticidade, por sua vez, depende do estado de turgescência. Desta maneira, uma diminuição repentina da turgescência provoca um encolhimento das células. A modificação unilateral da turgescência pode dar origem a curvaturas, neste caso temporárias, que podem ser repetidas, conforme a necessidade do vegetal.

Os *tropismos*, por analogia com os tactismos, são positivos quando o órgão se orienta no sentido da direção do estímulo; negativos, quando se movimenta em sentido oposto. De acôrdo com a natureza do estímulo, temos:

Fototropismo, como movimento de crescimento orientado pela luz. Por êste meio as plantas dão aos seus órgãos uma posição favorável em relação à incidência dos raios luminosos. Os raios mais ativos da luz branca são os azuis e os violetas, ao passo que os vermelhos têm muito menos efeito. Em geral, o caule e os galhos apresentam fototropismo positivo. A raiz é fototròpicamente negativa. O fato de se encontrar fototropismo positivo também em vegetais aclorofilados (fungos) prova que não existe relação obrigatória entre fototropismo e fotossíntese.

Fig. 69 — Reação fototrópica da coleóptile da aveia mostrando a transmissão do estímulo do ápice à base. a) Normal, b) Ápice cortado, c) Ápice recolocado, d) Ápice separado da base por uma fôlha de estanho, e) Ápice separado da base por gelatina.

Experiências com coleóptiles de aveia mostraram que o lado oposto à luz cresce mais ràpidamente, causando assim a curvatura em direção à luz. Como o lugar da suscepção é a ponta da coleóptile e a zona de crescimento fica na base, o efeito do estímulo deve ser transmitido por algum meio. Êste meio são os hormônios, principalmente as auxinas. Experiências como a representada na Fig. 69 mostraram, de fato, um acúmulo de auxina no lado da coleóptile, oposto à direção da luz. (Compare: *auxinas*, pág. 194 e 195.)

É provável que a luz, depois de absorvida, provoque uma reação fotoquímica. Uma hipótese admite que os elementos de absorção sejam os carotenóides. Como os fungos também

possuem carotenóides, explicar-se-ia assim sua sensibilidade fototrópica. A intensidade da luz que ainda provoca uma reação fototrópica é mínima. Mudas de *Vicia villosa* reagem ainda com uma iluminação de 0,000 000 023 Lux.

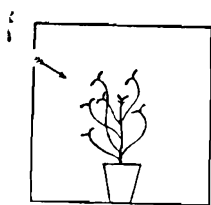



Fig. 70 — Demonstração do fototropismo positivo duma planta iluminada unilateralmente.

Um método simples para demonstrar o fototropismo consiste na exposição de uma planta a uma luz unilateral no interior de uma câmara fototrópica, como mostra a Fig. 70.

Por *geotropismo* entende-se a reação da planta sob o efeito da gravidade. Neste caso, tôdas as partes aéreas são geotròpicamente negativas, enquanto a raiz apresenta geotropismo positivo. Colocando um caule em posição horizontal, o lado que fica virado em direção ao centro da terra começa a crescer com mais intensidade, diminuindo, ao mesmo tempo, o crescimento do outro lado. Em conseqüência disso, o caule curva-se lentamente. Levanta-se primeiro a ponta e, progressivamente, as partes mais baixas, até ficar o caule novamente em posição normal. Com a raiz se dá exatamente o contrário (Fig. 71).

Caule e raiz são *ortogeotrópicos*, ao passo que os galhos e as raízes secundárias que se desenvolvem num certo ângulo em relação à gravidade são *plagiogeotrópicos*. A reação dos rizomas sob a influência da gravidade provoca o seu crescimento horizontal. Chama-se a isso *geotropismo transversal* ou *plagiogeotropismo*. O efeito da gravidade pode ser substituído pela fôrça centrífuga. Uma raiz ou um caule expostos, simultâneamente, às duas fôrças, cresce na direção da diagonal do paralelograma de fôrças. Isto pode ser demonstrado com a *roda de* KNIGHT, quando gira horizontalmente. Nesta roda colocam-se mudinhas novas. Quando a fôrça centrífuga é menor que a fôrça de gravidade, suas raízes crescem diagonalmente para baixo e para fora enquanto que seus caules crescem em diagonal para cima e para dentro, em relação ao centro

Fig. 71 — Geotropismos dos caules e das raízes. 1. Cultura em posição normal. 2. A mesma cultura virada. 3. Efeito da mudança de posição. Seg. SIERP.

da roda. Se a roda girar verticalmente, com uma fôrça centrífuga maior que a gravidade, então as raízes crescerão para fora e os caules para dentro.

Para estudar o efeito da gravidade em relação ao tempo de apresentação, usa-se o *clinóstato*, que faz a planta girar lentamente, eliminando assim o efeito da gravidade.

O mecanismo da suscepção da gravidade pelo vegetal não é bem conhecido. A *hipótese dos estatólitos* supõe que seja por efeito da pressão unilateral exercida sôbre o citoplasma por corpúsculos incluídos no mesmo como os grãos de amilo. O argumento assenta no fato da existência de um acúmulo dêstes grãos nas células da coifa e do endoderma.

Quimiotropismo é um movimento suscitado por substâncias químicas. Encontra-se em hifas de fungos que crescem no substrato em direção à maior concentração de elementos nutritivos (positivo). Outro exemplo temos no comportamento do tubo polínico que atravessa o pistilo, atraído por açúcares ou substâncias protéicas.

Hidrotropismo é uma modalidade de quimiotropismo, relativo à água, que pode ser observado em raízes.

Haptotropismo encontramos principalmente nas gavinhas das plantas trepadeiras, tendo como estímulo o contato. Inicialmente, a ponta de gavinha executa um movimento giratório (*nutação*) até tocar num suporte. O contato provoca um crescimento mais enérgico do lado oposto ao lugar do encoste, fazendo a ponta da gavinha enroscar-se no suporte. É claro que para êste fim, a zona de crescimento desloca-se contìnuamente ao redor da gavinha. No fim do processo, enrola-se a parte livre em espirais, para dar elasticidade à gavinha. Só haverá esta reação se a superfície de contato fôr áspera. O toque da água (chuva), do mercúrio ou mesmo uma pressão com um bastão de gelatina, não provocam reação haptotrópica. Por outro lado, um fio de lã de 0,00025 mg de pêso ainda produz efeito.

Os *nastismos*, movimentos independentes da direção do estímulo, não têm nenhuma influência sôbre a orientação dos órgãos do vegetal. O estímulo, neste caso, se resume, muitas vêzes, numa variação da intensidade de um fator difusamente distribuído no ambiente, como, p. ex., a luz e a temperatura.

Termonastismos encontramos nas flôres de muitas plantas que se abrem de dia e se fecham à noite. Trata-se do movimento das pétalas provocado pela variação da temperatura de manhã e à noite. A queda da temperatura, na passagem do dia para a noite, induz um crescimento mais intenso da face in-

ferior das pétalas que se curvam para cima, fechando a flor. De manhã se dá o contrário, a elevação da temperatura faz crescer a face superior das pétalas e a flor se abre. Êstes movimentos se repetem dia após dia periòdicamente. Os acréscimos de cada movimento somam-se num alongamento total das pétalas. Êste aumento de comprimento pode chegar a 100% do comprimento inicial.

O *fotonastismo* é caracterizado pelos mesmos fenômenos acima descritos, provocados, neste caso, pela variação da luz.

A periodicidade dos movimentos, ìntimamente ligada à mudança diária de luz e escuridão, não depende exclusivamente dêstes dois fatôres. Há casos em que as fôlhas de certas plantas baixam à noite, levantando-se de manhã, mesmo quando a luz e a temperatura são mantidas constantes. Chama-se êste movimento de *nictinastismo*. Pode ser observado nas fôlhas de *Leguminosas* e *Oxalidáceas*.

Seismonastismo é a reação da planta sob estímulo do toque. Neste caso, o movimento é devido à modificação da turgescência dos tecidos. Exemplo típico fornece o movimento das fôlhas e folíolos da sensitiva (*Mimosa pudica*, Fig. 72).

Êstes possuem articulações na base dos órgãos sensíveis em forma de um tecido de células parenquimatosas com vacúolos grandes. Tocando-se em qualquer ponto da fôlha, primeiro os folíolos e depois a própria fôlha vão baixando em conseqüência da diminuição da turgescência do lado inferior das articulações. Passado algum tempo a fôlha volta à sua posição normal. De vez que o movimento não é repentino, começando no ponto em que foi tocado e, dependendo da intensidade do estímulo, estende-se progressivamente pela fôlha e fôlhas vizinhas até uma distância de 50 cm. Isto prova que deve haver uma transmissão do estímulo. O fenômeno pode ser provocado tanto pelo contato de substâncias sólidas como líquidas, por feridas e até por choques elétricos e calor (chama).

Fig. 72 — Seismonastismo. Galho de *Mimosa pudica*. Fôlha A — em posição normal; fôlha B — após a reação; p — articulação do pecíolo foliar; b, s — articulações dos folíolos (Seg. PFEFFER).

Também o movimento das anteras de certas flôres é seismonástico. Para facilitar a propagação do pólen, os filêtes das anteras de muitas Compostas se contraem quando tocados pelos insetos. Forçam, assim, a passagem do estigma pelo tubo formado pelas anteras concrescidas e que arrasta o pólen consigo.

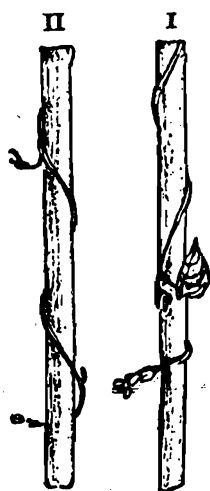
Fig. 73 — Plantas volúveis. I — Caule levogiro; II — Caule dextrogiro (Seg. NOLL).

Uma combinação de *hapto* e *quimionastismo* encontra-se em plantas carnívoras, como a *Drósera*. Em contato com um inseto os tentáculos se curvam para o centro da fôlha graças ao crescimento mais forte do lado externo da sua parte basal. Certas substâncias químicas provocam o mesmo fenômeno, o que deixa supor que haja também a mesma influência por parte da prêsa.

As *nutações* são *movimentos autônomos*. Suas causas residem em fatôres internos. Não dependem de estímulos externos. São provocados pelo crescimento desigual dos lados do caule, êstes movimentos podem ser irregulares ou regulares. Os primeiros chamam-se *oscilações* (haste da cebola); os segundos, *circunutações* (plantas volúveis).

As plantas trepadeiras volúveis procuram o suporte por meio de circunutações da ponta. Depois se enroscam nêle por causa do crescimento desigual dos lados que se propaga contìnuamente ao redor do caule (haptotropismo). O lado oposto ao contato cresce mais ràpidamente. O geotropismo negativo combina-se com êsse movimento, fazendo a planta subir. A maioria das plantas volúveis descrevem suas voltas ao redor do suporte em sentido contrário ao movimento do ponteiro do relógio, quer dizer, para a esquerda. Algumas, porém, como o lúpulo, giram para a direita. As primeiras são consideradas levogiras e as seguintes dextrogiras.

Fenômenos desta natureza prestam-se para demonstração através da cinematografia.

Os *movimentos de ejaculação*, que se baseiam em diferenças de tensão dos tecidos (ejaculação de esporos e sementes para fins de propagação) e os *movimentos higroscópicos*, causados por mecanismo de embebição e coesão (propagação de sementes), são processos puramente mecânicos, independentes do fenômeno vital da irritabilidade.

III PARTE: FISIOLOGIA

CAP. IV. REPRODUÇÃO DOS VEGETAIS

1. § Condições Gerais
2. § Hereditariedade
3. § Variabilidade e mutações
4. § Enxertia

CAPÍTULO IV

REPRODUÇÃO DOS VEGETAIS

1. §. Condições gerais

No ciclo evolutivo de qualquer vegetal, observam-se fenômenos que visam a multiplicação do número de indivíduos da mesma espécie, ou, de vez que o tempo de vida é definido para cada indivíduo, a perpetuação da espécie. A êstes fenômenos chamamos reprodução. A reprodução assexuada pode interpretar-se como fenômeno de crescimento que rompe os limites do indivíduo. Faltam explicações básicas e fundamentadas para explicar os fenômenos complexos da reprodução sexuada. Talvez garanta às espécies a faculdade de adaptação a novos meios de vida que possam surgir, e de evolução, face à heterogeneidade genética dos gametas, portadores de característicos individuais e específicos, da qual resultam indivíduos com novos traços fisiognomônicos mais ou menos individuais. (Compare: *Hereditariedade*). Os fenômenos da reprodução não ocorrem contìnuamente, são limitados a certas épocas especiais. A Fisiologia não investiga as maneiras múltiplas pelas quais se realiza — isto é objeto da Organografia e da Botânica especial — investiga, porém, as condições externas e internas que podem acelerar ou retardar o advento da época de reprodução e suas conseqüências.

Estas condições dependem principalmente das propriedades específicas dos vegetais. Não é possível indicar condições gerais. Daremos alguns exemplos do comportamento de vegetais pertencentes a categorias sistemáticas bem diversas.

O talo do bolor *Saprolegnia* vive sôbre cadáveres de insetos flutuantes na água. Depois de algum tempo produz zoosporângios que emitem zoósporos (Fig. 53). Mais tarde desenvolve anterídios e oogônios (órgãos sexuais) em lugar dos órgãos assexuados. Fecundada a oosfera e amadurecido o zigoto resultante, ocorre a morte do talo. Isto, em condições naturais, normais. Cultivado num substrato artificial que garanta em abundância o fornecimento de todos os alimentos necessários, pode viver durante muitos anos, sem produzir zoosporângios nem órgãos sexuais. Cultivado numa solução de

0,1% de leucina e 0,1% de hemoglobina cresce bem e forma os órgãos sexuais, mas não zoosporângios. A produção de zoosporângios e zoósporos pode ser provocada diluindo-se a solução de hemoglobina para 0,01%. Os zoóporos desenvolvem-se então depois do amadurecimento dos órgãos sexuais. Experiências realizadas com outras espécies de fungos e algas têm demonstrado resultados diferentes dos citados. Não se conhecem leis gerais.

As pesquisas feitas em plantas superiores visam principalmente as condições de florescimento. A época de florescimento depende antes de tudo da idade da planta. Às vêzes, porém, notam-se, em plena natureza, antecipações ou atrasos individuais no florescimento. Encontram-se plantas floridas, umas demasiado novas, outras demasiado velhas para a respectiva espécie, o que levou os fisiologistas a admitirem a existência de regulações por fatôres externos. Nalguns casos, p. ex., em *Sempervivum funkii*, conseguiram descobrir êstes fatôres. Cultivada com abundância de água, sais minerais e luz, cresce indefinidamente sem produzir flôres. Cultivada com escassez de água e sais minerais, mas com abundância de luz, desenvolve flôres. Dando-se à planta quantidades médias de água e sais minerais, a produção de flôres depende da intensidade e qualidade da luz. Na luz pouco intensa e de côr azul cresce vegetativamente e não floresce. Na luz intensa e de côr vermelha, floresce. Experiências realizadas com outras espécies vegetais demonstram que o florescimento depende das quantidades relativas de luz, de sais minerais e da temperatura, ou da presença de hormônios. Regras gerais, quantitativas, não podem ser dadas. Em muitos casos é a precariedade das condições externas de vida para a planta que induz a reprodução sexuada. Seja qual fôr a reação, devemos distinguir cntre estímulos ou fatôres externos e a cadeia causal de fatôres internos desencadeada por aquêles, ou sejam os fatôres internos, especialmente os hormônios.

2. §. Hereditariedade

Desde muito tempo sabemos que os filhos costumam ser parecidos com os pais e em muitos casos mais parecidos ainda com os avós. A mesma observação se pode fazer em qualquer animal ou vegetal. Mas não é possível compreender sem mais nem menos as regularidades existentes neste fato. O primeiro que conseguiu decifrar algumas das leis que regem a transmissão dos fatôres hereditários foi GREGOR MENDEL, em 1865. Para suas pesquisas valeu-se de ervilhas, investigan-

do a hereditariedade das formas e côres das sementes. Suas descobertas não tiveram publicidade e foram esquecidas até o seu redescobrimento em 1900, efetuado por CORRENS, DE VRIES e TSCHERMAK, simultâneamente. As 3 leis fundamentais que estabeleceram deram o nome de *leis de* MENDEL, em homenagem ao seu primeiro e real descobridor. São elas a *lei de uniformidade*, a *lei da disjunção dos caracteres* e a *lei da independência dos genes*. Modernamente, costuma-se reunir as primeiras duas leis originais numa única que podemos chamar de *lei da segregação*. O seu conteúdo será explicado por meio de exemplos. As duas primeiras aparecem com maior evidência nos cruzamentos entre plantas que diferem entre si num único caráter. A terceira lei refere-se a cruzamentos entre plantas que diferem entre si por mais de um caráter.

Existem raças de boninas ou maravilhas (*Mirabilis jalapa*) com flôres brancas e com flôres vermelhas. Se polinizarmos as flôres brancas com pólen de flôres brancas, obteremos sementes das quais hão de nascer plantas com flôres brancas. O mesmo acontece com a raça de flôres vermelhas. Se polizarmos suas flôres com pólen de outras boninas vermelhas, resultarão sementes da raça pura, vermelha.

Se cruzarmos as duas raças, polinizando a flor vermelha com pólen de uma flor branca ou vice-versa, resultam sementes que desenvolvem híbridos com flôres côr-de-rosa, isto é, com flôres de côr *intermediária* entre as duas côres das flôres paternas. As sementes das plantas desta primeira geração filial produzem plantas com flôres vermelhas, plantas com flôres côr-de-rosa, e plantas com flôres brancas, nas proporções de 1:2:1 (Fig. 74. F_1 e F_2). As boninas vermelhas, desta segunda geração filial, polinizadas por seus semelhantes, produzem outras boninas vermelhas. São novamente de raça pura. O mesmo acontece com as boninas brancas. Uma terceira geração filial formada pelas sementes de boninas côr-de-rosa mostra novamente a presença dos tipos vermelhos, côr-de-rosa e branco nas proporções numéricas de 1:2:1 (Fig. 74, F_3).

Os casos de *hereditariedade intermediária*, como nas boninas, são raros comparados com os casos de *hereditariedade dominante*. Na bonina, a primeira geração filial toma aspecto intermediário entre as duas partes paternas. Nos casos de dominância assemelha-se aos característicos de uma das duas partes paternas, cujos caracteres morfológicos dominam sôbre os caracteres morfológicos da outra parte. Dizemos que possui caracteres *dominantes* enquanto os caracteres do outro par paterno, que desaparecem na primeira geração filial, são considerados *recessivos*.

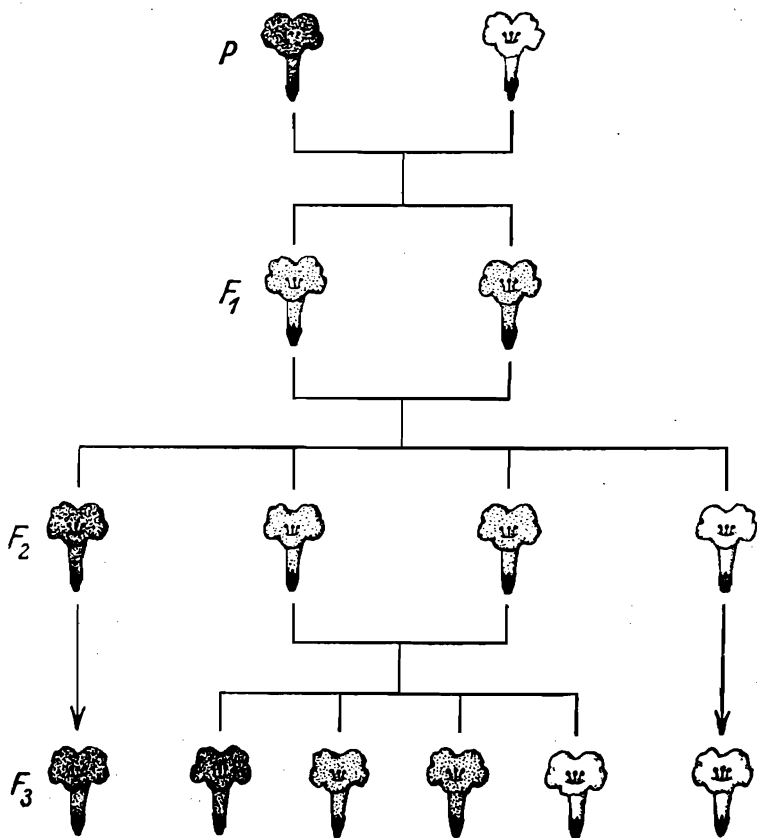



Fig. 74 — Cruzamento entre a bonina branca e a bonina vermelha. (Exemplo da hereditariedade intermediária.) P — geração paterna; f1, f2, f3 — 1ª, 2ª, 3ª geração filial.

Bom exemplo para o cruzamento com dominância de uma das partes, fornecem as ervilhas-de-cheiro (*Lathyrus odoratus*). Cruzando-se ervilhas de flôres vermelhas com ervilhas de flôres brancas (Fig. 75), obtém-se uma primeira geração filial composta de ervilhas com flôres vermelhas. Sabemos, por sua origem, que são híbridos. O seu aspecto é igual ao das ervilhas vermelhas de raça pura. Diz-se que o vermelho é dominante sôbre o caráter branco, recessivo. Na segunda geração filial aparecem ervilhas vermelhas e brancas na proporção de 3:1. O cultivo das formas brancas produz ervilhas brancas. Voltaram à raça pura. Se, por autopolinização, criarmos uma terceira geração filial de ervilhas vermelhas, notaremos que a

terceira parte é de raça pura; produz exclusivamente ervilhas vermelhas, e dois terços são híbridos com dominância do vermelho, pois produzem ervilhas vermelhas e ervilhas brancas na proporção de 3:1. E assim por diante.

Os dois exemplos acima citados evidenciam o conceito das duas primeiras leis de MENDEL. A *lei da uniformidade* refere-se aos híbridos da primeira geração filial de um cruzamento de raças. Os híbridos da primeira geração filial são todos iguais entre si; seu aspecto pode ser semelhante ao de uma parte paterna (dominante) ou intermediário entre as duas. A *lei da disjunção dos caracteres* refere-se ao reaparecimento dos caracteres primitivos desde a 2.ª geração filial de híbridos de um cruzamento simples.

Explicação lógica e razoável pode ser dada a êstes fenômenos, se admitirmos os cromossomos como transmissores dos

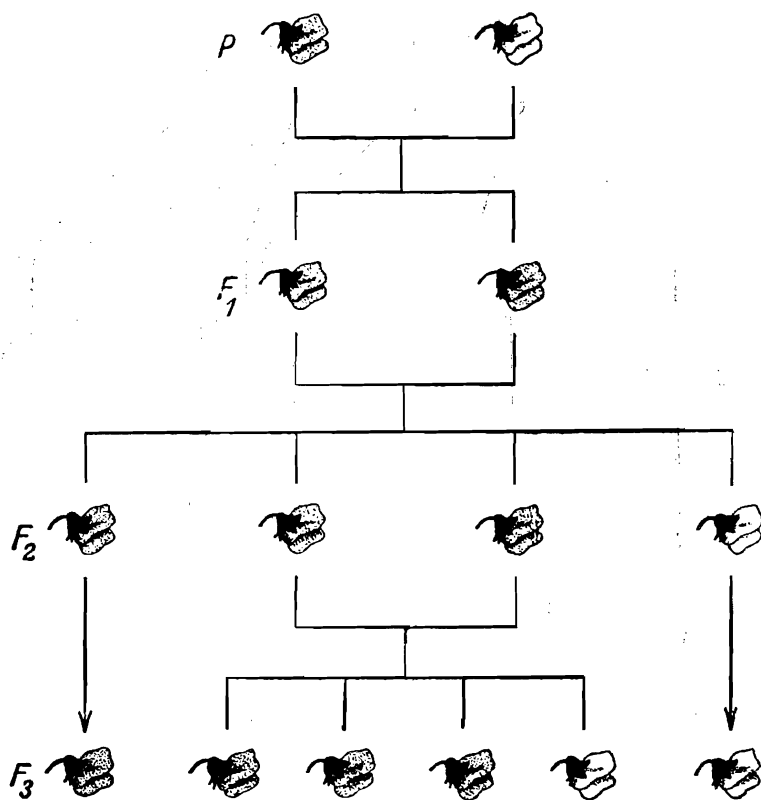



Fig. 75 — Cruzamento entre ervilhas de flôres brancas e ervilhas de flôres vermelhas. (Exemplo dum caso de dominância.)

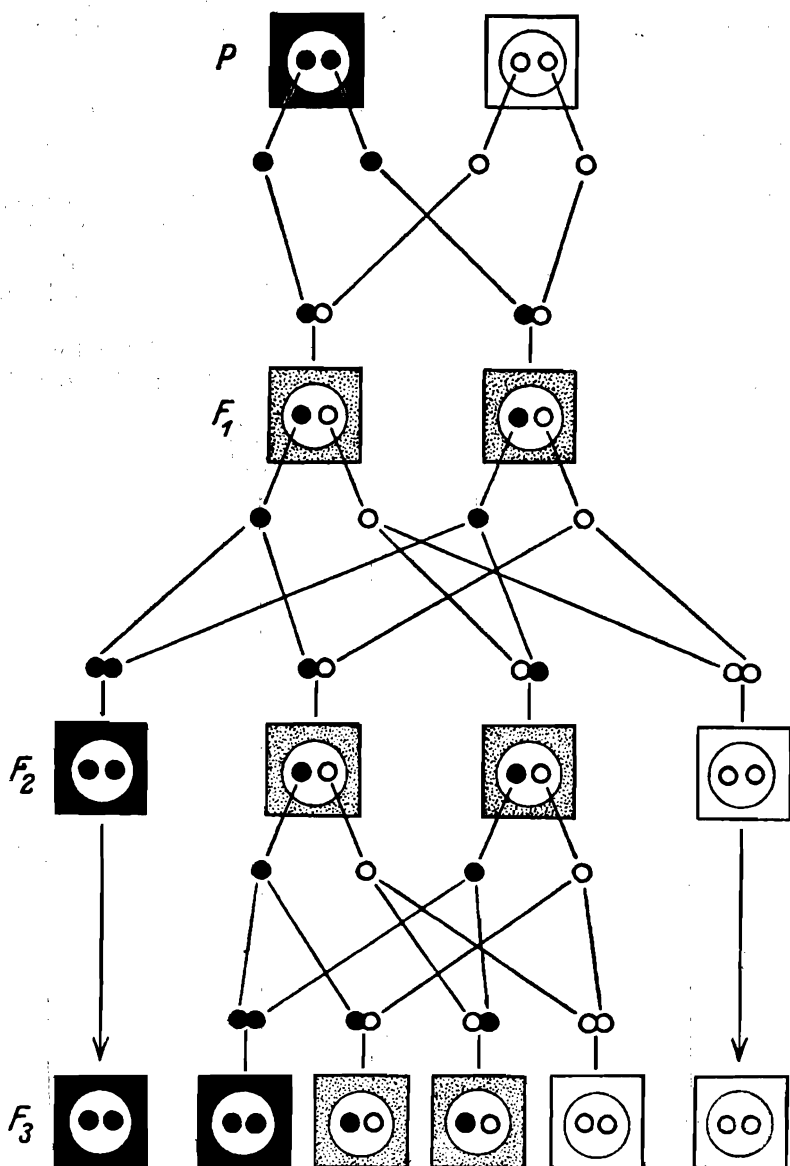



Fig. 76 — Esquema da distribuição dos genes num cruzamento intermediário.

fatôres que determinam as propriedades hereditárias dos sêres vivos. A cada fator hereditário de um organismo corresponde um par de cromossomos responsável por êle, ou, melhor, uma parte de cada cromossomo do par, pois o número de cromossomos é menor que a soma dos característicos hereditários de determinada espécie. Cada uma destas partes do cromossomo chamamos um *gene*. O gene é a unidade genética.

Analisemos à luz desta hipótese o caso das boninas (Fig. 74). As plantas das boninas são esporófitos; possuem $2n$ cromossomos em cada núcleo de cada célula. Num dos pares de cromossomos de cada célula encontra-se o par de genes responsável pela côr das pétalas das flôres. Na raça vermelha há dois genes que determinam côr vermelha; na raça branca, dois genes que determinam côr branca. Em nosso esquema são assinalados, o primeiro, por pontos escuros, dentro de um círculo branco e o segundo, por pontos brancos em círculo branco. O desenvolvimento do pólen nas anteras e o das oosferas nos sacos embrionários são antecedidos por divisões redutoras dos respectivos núcleos. Os grãos de pólen e as oosferas são haplóides; têm sòmente n cromossomos. Recebem um cromossomo de cada par existente nos núcleos das células vegetativas e com isto, apenas um dos dois genes que determinam a côr das pétalas. Sendo, na geração paterna, plantas de raça pura, haverá nos grãos de pólen e nas oosferas da bonina vermelha sòmente genes que determinam côr vermelha e nas células da bonina branca sòmente genes que determinam côr branca. Às plantas que possuem pares de genes iguais, isto é, plantas de raça pura, chamamos *homozigóticas*. A semente é produto da fecundação do núcleo da oosfera por um núcleo produzido pelo grão de pólen. Seu embrião é diplóide ($2n$ cromossomos). No cruzamento recebe n cromossomos de uma parte com um gene que determina côr vermelha e n cromossomos da outra parte com um gene que determina côr branca. Tais plantas com pares de genes diferentes entre si, chamamos *heterozigóticas*. Todos os híbridos são heterozigotos em relação às propriedades nas quais as raças puras originais diferiam. No caso citado, da ação do gene vermelho combinado com a do gene da côr branca resulta uma planta com flôres côr-de-rosa, intermediária entre vermelho e branco. As flôres dos híbridos da primeira geração filial podem produzir dois tipos diferentes de grãos de pólen e de oosferas. Haverá grãos de pólen com genes que determinam côr vermelha e outros, em número igual, com genes que determinam côr branca. O mesmo acontece com as oosferas. Por acaso, podem unir-se na fecundação: um núcleo com gene vermelho com outro semelhante, ou um núcleo

com gene vermelho com um cujo gene determina côr branca, ou um núcleo com gene branco com outro semelhante. No primeiro caso, resulta uma planta homozigótica vermelha; no segundo, uma planta heterozigótica côr-de-rosa; no terceiro, um planta homozigótica branca. As probabilidades matemáticas, para êstes três casos, são iguais a: 25%, 50%, 25%, respectivamente. Isto corresponde exatamente às proporções numéricas de 1:2:1 para plantas com flôres vermelhas, côr-

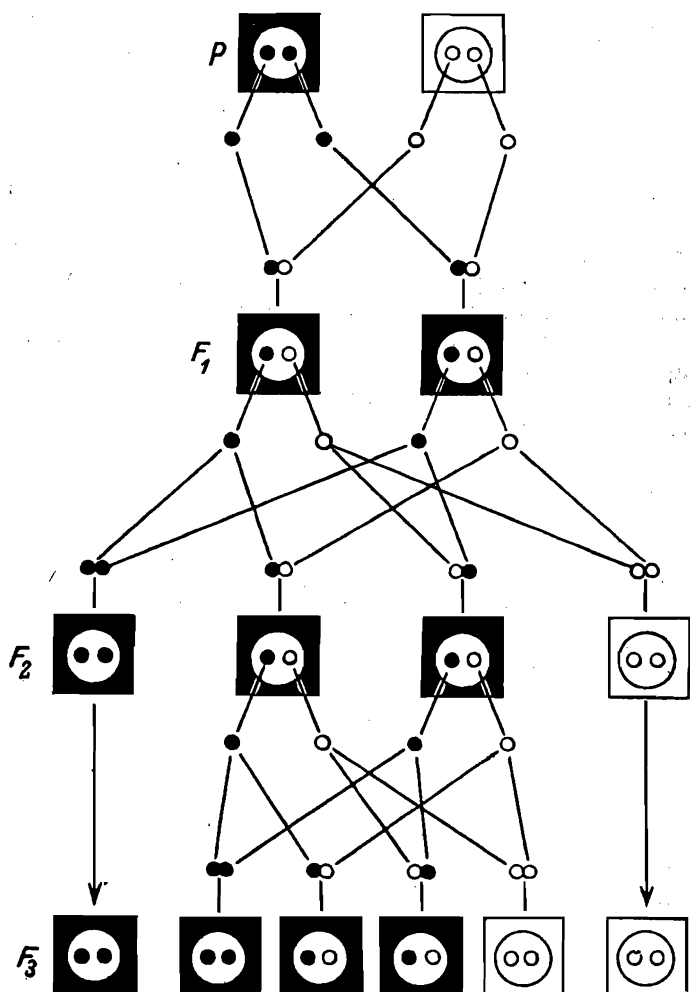



Fig. 77 — Esquema da distribuição dos genes num cruzamento com dominância.

de-rosa e brancas, encontradas experimentalmente para a segunda geração filial.

Na mesma base, de maneira análoga, explica-se o caso da *dominância*. (Fig. 77). A primeira geração filial é heterozigótica, mas pelo seu aspecto a ação do gene vermelho predomina sôbre o branco. As plantas apresentam-se como se fôssem da raça vermelha pura. Observamos pela primeira vez uma discordância entre aspecto exterior e constituição genética. Uma diferença entre seu *fenótipo* e *genótipo*, como dizem os genetistas. Por genótipo compreendem a constituição do jôgo de genes, o *genoma;* por fenótipo, o aspecto aparente do organismo (gr. *phaino* = aparecer, mostrar). Diferenças entre fenótipo e genótipo são possíveis apenas em híbridos. Os híbridos da primeira geração filial do caso em estudo produzem grãos de pólen com genes dominantes vermelhos e outros com genes recessivos brancos e as respectivas oosferas em quantidades iguais. Na segunda geração filial, poderá haver combinação entre um núcleo com gene vermelho com outro semelhante, ou entre um núcleo com gene vermelho e outro com gene branco, ou entre dois núcleos com genes brancos. (É óbvio que o uso dos têrmos gene branco ou vermelho é simbólico). No primeiro e segundo caso, resultam plantas com flôres vermelhas, pois basta a presença de *um* gene determinante de vermelho para produzir tal côr. No terceiro caso, resultam plantas com flôres brancas. As probabilidades matemáticas são de 25% para as flôres vermelhas homozigóticas, de 50% para as flôres vermelhas heterozigóticas e de 25% para as flôres brancas. Não podemos distinguir entre plantas heterozigóticas e homozigóticas vermelhas, por causa da dominância desta côr e conseqüente diferença entre o fenótipo e o genótipo, diferença que não pode ser determinada senão pela experiência com novas gerações. Contamos, pois, 75% de plantas com flôres vermelhas e 25% com flôres brancas, o que corresponde ao achado experimental. (3:1.)

A terceira lei de MENDEL, a lei de *independência dos genes* pode ser demonstrada em cruzamentos nos quais as duas partes originais diferem em dois ou mais característicos, p. ex., em certas qualidades de milho (*Zea mays*). Há certas raças homozigóticas com frutos (grãos) de casca lisa, escura, e outras com frutos de casca enrugada, clara. A propriedade lisa domina sôbre a propriedade enrugada, e a côr escura sôbre a côr clara. Em tais casos, é uso convencional designar o fator dominante por sua inicial maiúscula e o fator recessivo correspondente pela mesma letra minúscula. Designamos, pois, por *L*, o gene que determina a casca lisa e por *l*, o que de-

termina a casca enrugada; o gene que determina côr escura indicamo-lo por *E* e o que determina côr clara, por *e*. As fórmulas genotípicas das células somáticas das duas raças são: para a lisa, escura: *LLEE*, e para a enrugada, clara: *llee*. A primeira, sòmente pode produzir gametas com os genes *LE* e a segunda, com os genes *le*, pois a formação dos gametas é antecedida por uma divisão redutora. Do cruzamento destas duas raças resulta uma geração de híbridos (a primeira geração filial) com a fórmula genotípica *LlEe*, com grãos lisos, escuros. Êstes híbridos podem produzir quatro tipos diferentes de gametas: *LE*, *Le*, *lE*, *le*. Para êstes 4 tipos de gametas há 16 combinações possíveis, que podemos deduzir com facilidade dum quadrado de 16 unidades, em cujo lado transcrevemos as fórmulas genéticas dos gametas; se houver, de fato, independência de genes, como diz a terceira lei de MENDEL, a segunda geração filial, produto do cruzamento entre os híbridos da primeira geração filial, deve apresentar todos os tipos resultantes nas mesmas proporções numéricas.

Aparecerão plantas de milho com grãos liso-escuros, liso-claros, enrugado-escuros, enrugado-claros nas proporções de 9:3:3:1. O resultado experimental corresponde exatamente ao postulado. Entre tôdas estas combinações chamam a atenção, principalmente, as que se encontram em diagonal no quadrado. Nela encontramos, além de representantes das linhagens puras originais, duas combinações homozigóticas novas: a combina-

Gametas	LE	Le	lE	le
LE	*LL EE* *liso, escuro*	LL Ee liso, escuro	Ll EE liso, escuro	Ll Ee liso, escuro
Le	LL Ee liso, escuro	*LL ee* *liso, claro*	Ll Ee liso, escuro	Ll ee liso, claro
lE	Ll EE liso, escuro	Ll Ee liso, escuro	*ll EE* *enrugado, escuro*	ll Ee enrugado, escuro
le	Ll Ee liso, escuro	Ll ee liso, claro	ll Ee enrugado, escuro	*ll ee* *enrugado, claro*

Quadro de combinações na 2ª geração filial de híbridos.

ção liso-clara com a fórmula *LL ee* e a combinação enrugado-escura com a fórmula *ll EE*. Cultivadas separadamente, comportam-se como linhagens puras, o que de fato são. Nesta possibilidade de poder combinar, num organismo de linhagem pura, propriedades de duas plantas diferentes, reside, para a agricultura, a enorme importância das descobertas genéticas. Esta terceira lei de MENDEL vale sòmente para genes que se encontram em cromossomos diferentes, não para pares de genes que ficam no mesmo cromossomo.

Os híbridos, como os exemplos da bonina e da ervilha, com diferenças numa única propriedade hereditária, chamamos *mono-híbridos*. Os híbridos com diferenças em duas propriedades, como o exemplo do milho, têm o nome de *di-híbridos*. Se houver mais de dois caracteres hereditários diferentes, denominam-se *poli-híbridos*. Os resultados dos cruzamentos *poli-híbridos* podem ser determinados aritmèticamente — antecipando-os à própria experiência — por meio de quadros semelhantes ao acima construído, logo que se conheçam os fatôres dominantes e recessivos ou intermediários. Se um fator fôr dominante, recessivo ou intermediário, aparece logo na primeira geração filial, como podemos compreender à luz da lei da uniformidade. A genética constitui hoje em dia a base de tôdas as tentativas de criação de sementes adaptadas à determinadas condições de ambiente, e de criação de raças de animais. De suas leis explicamos aqui sòmente as mais importantes, pois uma explicação completa excederia em muito o espaço previsto. Valem, tanto para os organismos vegetais como para os animais e humanos.

3. §. Variabilidade e mutações

O fenótipo dos vegetais não é determinado ùnicamente pelos fatôres internos, hereditários ou não. Moldam-no fatôres de ambiente conhecidos e desconhecidos. Se semearmos sementes duma planta homozigótica em lugar homogêneo, nascerão plantas iguais entre si nos característicos específicos, embora com diferenças individuais, umas mais fortes e maiores, outras menos fortes e menores, algumas com flôres intensamente coloridas, outras, talvez, com flôres de coloração menos intensa, etc. A êste aparecimento de diferenças individuais chamamos *variabilidade*. A amplitude da variabilidade difere nas diferentes espécies. O conceito da variabilidade tem grande importância para a sistemática. Modernamente, define-se a *"espécie"* como soma de indivíduos cujas diferenças não excedem a amplitude da variabilidade dos descendentes

duma população de plantas homozigóticas da forma em referência.

A variabilidade pode ser observada, por exemplo, na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Cultivando-se feijão de raça pura, homozigótica, num canteiro bem e homogêneamente adubado, obtêm-se vagens e grãos de tamanhos e pesos diferentes. A maioria apresentará um pêso médio considerado típico. Um número cada vez menor apresenta pêso menor ou maior. Se selecionarmos tôdas as sementes e vagens, segundo o pêso e o tamanho, e se representarmos os resultados numéricos desta seleção por meio de um gráfico, obteremos a chamada *curva do acaso de* GALTON. (Fig. 78.) Cultivando qualquer um dos tipos selecionados em separado, obteremos sempre vagens e sementes dos mesmos tamanhos como na primeira geração e as percentagens numéricas dos diversos tamanhos e pesos na colheita inteira correspondem sempre à curva do acaso. Os caracteres assim adquiridos não são hereditários.

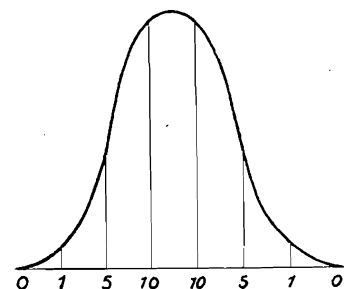



Fig. 78 — Curva do acaso de GALTON. Seg. BAUER.

Diferenças maiores, resultantes da ação exclusiva de fatôres externos, levam o nome de *modificações*. Também as modificações não são hereditárias. Se cortarmos em duas partes as raízes de uma planta do dente-de-leão (*Taraxacum officinale*) e plantarmos uma delas numa planície baixa e a outra numa montanha alta, obteremos dois vegetais bem diferentes entre si. A parte cultivada na planície desenvolve-se normalmente. Transforma-se em planta grande e forte, com fôlhas grandes, inflorescência elevada e raízes curtas. A outra cultivada na montanha, cria fôlhas extraordinàriamente pequenas, inflorescência curta e raízes compridas que descem profundamente na terra. Formas semelhantes à da modificação alpina (Fig. 79), não podem ser encontradas nos descendentes da forma da planície. Cultivando-se as sementes da forma alpina na montanha, sempre resultarão plantas iguais à forma modificada alpina. Mas, mesmo depois de muitas gerações alpinas, voltam à forma original quando semeadas na planície. Acontece às vêzes que a primeira ou as primeiras gerações cultivadas no meio original relembrem algo da forma modificada;

êste fenômeno não se explica por hereditariedade, mas sim pela falta de endosperma nas diminutas sementes da forma alpina, o que não permite um desenvolvimento vigoroso dos indivíduos.

Fig. 79 — Modificação de *Taraxacum officinale* produzida por mudança do ambiente. 1 — Forma normal das planícies. 2 — Forma alpina.

Além das modificações não hereditárias, aparecem às vêzes, dentro de números maiores de indivíduos, formas com caracteres hereditários diferentes. Tais variações hereditárias denominam-se *mutações*. A primeira mutação testemunhada foi observada na espécie *Chelidonium majus*, em 1950, perto da cidade de Heidelberg. Entre as plantas normais apareceram de repente pés com fôlhas pinaticortadas (Fig. 80). Esta forma, chamada *Chelidonuim majus laciniatum*, demonstrou ser hereditária, pois, ainda hoje, coexiste com a forma original em estado silvestre. Conhecemos alguns fatôres externos, capazes de provocá-las. Podem modificar um único ou alguns grupos de genes; neste caso, chamamo-las *mutações de genes*, ou podem multiplicar (duplicar) todo o jôgo de cromossomos do vegetal e então se denominam *mutações de poliploidia*. De ambos os tipos conhecem-se numerosos exemplos. Foram produzidas mutações, experimentalmente pela ação dos raios X e de irradiações atômicas sôbre esporos e sementes, ou pela exposição dos órgãos de reprodução a condições extremas de temperatura e luz. A taxa de mutações em ambiente natural moderado é muito bai-

Fig. 80 — Mutação. 1 — *Chelidonium majus*, forma normal. 2 — *Chelidonium majus laciniatum*, forma mutada. Seg. LEHMANN.

xa. Pode ser elevada significativamente pela aplicação natural ou experimental das condições acima citadas.

Graças ao trabalho de alguns cientistas russos, conhecemos um meio de provocar mutações, com conseqüências controláveis. Aplicando sôbre sementes de plantas uma solução muito diluída de *colquicina*, provoca-se a duplicação de cromossomos nas suas células. Esta mutação de poliploidia tornou-se sumamente importante para a criação de novas plantas úteis. Pois muitos híbridos, com propriedades desejadas, mas estéreis por causa da falta de pares homólogos de cromossomos nos seus núcleos — em conseqüência disto não pode haver divisão redutora normal — podem tornar-se férteis pela aplicação de colquicina nas sementes, das quais nasceram. Outrossim, a poliploidia transforma sementes heterozigotas, que dariam plantas estéreis, virtualmente em homozigotas férteis, excluindo a segregação nos seus descendentes.

4. §. Enxertia

Os processos de hibridação e seu domínio pelo homem, mercê do conhecimento das leis que regulam a hereditariedade, muito têm contribuído para aumentar e moldar as safras na agricultura, floricultura, silvicultura, fruticultura, etc. Conseguimos combinar as propriedades de muitas plantas cultivadas como queremos. Mas, nem sempre podemos perpetuar combinações vantajosas de propriedades de híbridos por meio das sementes, em virtude da disformidade da segunda geração filial dos híbridos (lei da segregação). Há, porém, vários meios de conservar combinações vantajosas de propriedades desejadas, obtidas num híbrido pelo acaso, por *multiplicação vegetativa.*

O método mais simples e que pode ser aplicado em quase tôdas as plantas floridas, e até nas samambaias, é a multiplicação por *estacas.* Nas culturas da cana-de-açúcar, p. ex., é aplicado em larga escala. Escolha-se uma planta que se distinga das demais por uma percentagem excepcionalmente alta de açúcar, por crescimento rápido e boa resistência contra doenças, parasitos e intempéries do clima. Os caules desta planta são cortados em pedaços, constituídos por dois nós com um internódio no mínimo. Êstes pedaços, as estacas, plantam-se na terra, onde criam raízes adventícias e regeneram aos poucos, cada uma, um pé de cana-de-açúcar que conserva tôdas as propriedades excelentes da planta de origem. Des-

ta maneira podem obter-se numerosas gerações de muitas plantas com propriedades iguais não sujeitas às segregações dos descendentes sexuados de híbridos.

O processo da multiplicação por estacas é teòricamente aplicável a tôdas as plantas superiores. Na prática, falha em muitos casos, pois certas espécies têm maior facilidade de regenerarem fôlhas e raízes, enquanto outras regeneram sòmente por exceção. Para estacas, usam-se sempre pedaços de caules ou de rizomas, embora haja espécies que permitam a multiplicação por mudas de fôlhas. Quando houver dificuldade para a regeneração de raízes e fôlhas, poderemos aplicar na estaca uma camada de pasta de auxina (hormônio de crescimento dos vegetais) que facilita e intensifica sensìvelmente o processo. (Compare: *Crescimento.*)

Nas dicotiledôneas, para conservar as propriedades de híbridos, pode-se aplicar outro método que não o uso de estacas: o método da *enxertia.* Além da vantagem citada, permite também uma multiplicação mais rápida de qualidades homozigóticas, de plantas de desenvolvimento vagaroso. A enxertia consiste em juntar ao caule bem desenvolvido de um vegetal um pedaço de galho ou um botão da planta cujas qualidades se queiram conservar. O galho pequeno denomina-se *enxêrto.* Deve possuir um ôlho, pelo menos. O vegetal no qual se fixa o enxêrto chama-se *cavalo.* Para que a enxertia possa dar resultado, é necessário que o cavalo e o enxêrto ao menos pertençam ao mesmo gênero. De acôrdo com a técnica aplicada na execução, distingue-se entre enxertia de garfo, copulação e oculação ou enxertia de borbulha. Aplicam-se principalmente na fruticultura e floricultura.

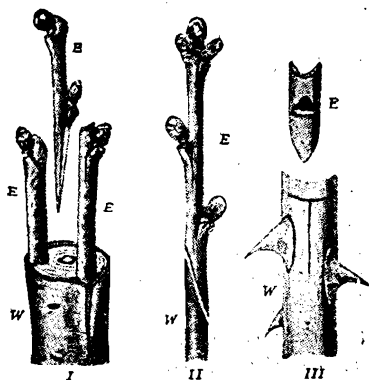



Fig. 81 — Enxertia. I — Enxertia de garfo. II — Copulação. III — Oculação. E = enxêrto. W = cavalo. Seg. NOLL.

A *enxertia de garfo* (Fig. 81, I) emprega-se com grande vantagem nas macieiras, pereiras, laranjeiras, etc. Corta-se um galho do cavalo que tenha a grossura dum polegar humano, aproximadamente. Nêle introduzem-se um ou vários enxertos de boa qualidade, entre a casca e o corpo central. O enxêrto deve ser afiado em forma de cunha. Ao introduzi-lo, deve-se tomar o máximo cuidado em colocá-lo de tal maneira

que o câmbio do enxêrto fique em contato com o câmbio do cavalo, a casca com a casca e o lenho com o lenho. Depois, fixa-se tudo com uma atadura de fios de cânhamo ou plástico molhados, e, por meio de uma camada de cêra, protege-se a ferida tôda contra infecções. Dentro de pouco tempo, depois de alguns dias ou, no máximo, de algumas semanas, o enxêrto e o cavalo concrescem. Os galhos produzidos pela parte do enxêrto conservam as qualidades da planta de origem e desenvolvem-se com tôda a fôrça própria do cavalo.

A *copulação* (Fig. 81, II) é aplicada nos mesmos casos e com as mesmas conseqüências que o enxêrto de garfo. Consiste na ligação de galhos de igual grossura do enxêrto e do cavalo. Os galhos são cortados oblìquamente e cuidadosamente unidos, atados e protegidos. A boa execução de uma copulação requer maior habilidade que a enxertia de garfo, pois o efeito depende em primeiro lugar da escolha e do corte dos galhos. A não ser que o lenho fique sôbre o lenho, o câmbio sôbre a câmbio e a casca sôbre a casca, não haverá concrescimento das partes.

A *oculação* (Fig. 81, III) é usada de preferência nas roseiras. Pode ser aplicada com resultados positivos em árvores frutíferas. Para executá-la, aplica-se um corte em forma de T na casca do cavalo e introduz-se nêle um gomo do enxêrto, tratando-se a ferida como nos casos anteriores.

Embora na enxertia se conservem as propriedades específicas do enxêrto, não podemos afirmar que não haja influências recíprocas entre o cavalo e o enxêrto. Podemos, por exemplo, enxertar no mesmo cavalo de macieira, várias qualidades de maçãs e até peras, de modo que os diversos galhos produzirão frutas diferentes, de acôrdo com a natureza do respectivo enxêrto, mas a fôrça de todos êstes galhos depende ùnicamente da fôrça do cavalo. Se enxertarmos plantas de pouca resistência ao ataque de certos parasitos em cavalos bem resistentes, obteremos produtos com frutos do enxêrto que resistem melhor à doença; êsse fato é aproveitado, entre outros, nas culturas da videira e das laranjeiras.

Conhecem-se casos especiais, nos quais as influências recíprocas entre o cavalo e o enxêrto são tão fortes que chegam a modificar o aspecto do vegetal resultante. Os produtos dêstes casos denominam-se *quimeras* ou *híbridos de enxertia*. É possível, por exemplo, enxertar galhos da erva-moura (*Solanum nigrum*) num cavalo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*). Depois de concrescidas as duas partes, corta-se a planta no lugar da enxertia. Pouco depois crescerão gomos adven-

tícios do caule cortado que mostram caracteres intermediários entre os dois componentes. O caso explica-se anatômicamente. Parte dos tecidos novos originam-se do enxêrto e parte, do cavalo, conservando as respectivas propriedades. A distribuição dos tecidos varia nos diversos casos especiais. Pode acontecer, por exemplo, que a epiderme da quimera seja constituída por tecidos do tomateiro e a parte interior, por tecidos da erva-moura, etc. O aspecto da quimera assemelha-se ao de um híbrido verdadeiro das duas plantas citadas. Mas, se criarmos a primeira e a segunda geração filial por sementes desta planta, nota-se que serão iguais à erva-moura da raça pura, pois é esta que forma os tecidos interiores. A enxertia não tem efeitos semelhantes ao cruzamento, embora às vêzes assim pareça. Ao contrário, é um meio eficaz para, por multiplicação vegetativa, conservar combinações de propriedades desejadas.

APÊNDICE: NOÇÕES DE BOTÂNICA SISTEMÁTICA

CAP. I. GENERALIDADES

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Modernamente, possui a Botânica Sistemática duas finalidades principais: a classificação das plantas, isto é, a organização de um sistema de chaves que permita reconhecer e comparar as espécies, gêneros, famílias, etc., e a investigação da evolução provável do próprio reino vegetal.

Sistemas que se preocupam sòmente com a primeira finalidade são considerados "artificiais"; os que pretendem sintetizar ambas, são denominados "naturais". Os sistematizadores da atualidade estão empenhados no árduo trabalho de fundamentar, cada vez melhor, as noções necessárias para a elaboração grandiosa de um verdadeiro "sistema natural", que seria, simultâneamente, árvore genealógica e chave de classificação para tôdas as espécies. As linhas gerais para êsse sistema parecem já seguramente traçadas; a respeito de minúcias, há muita divergência nas opiniões contemporâneas.

Relevante papel cabe à nomenclatura. Baseia-se esta nos fundamentos lançados pelo imortal LINEU (nomenclatura binominal), modificados e modernizados pelas resoluções dos congressos internacionais de Botânica.

Cada espécie é designada com dois têrmos latinizados seguidos pela abreviação do nome de seu autor e cuja grafia obedece às regras internacionais de nomenclatura e não à fonética nacional.

O primeiro têrmo designa o gênero e o segundo a espécie à qual o exemplar classificado pertence. Por exemplo: violeta e amor-perfeito são duas espécies que pertencem ao mesmo gênero (*Viola*). A *violeta* é designada como *Viola odorata L.* e o *amor-perfeito* como *Viola tricolor L.*, sendo LINEU o autor, abreviação L.

Reunimos num gênero tôdas as espécies que supomos descenderem de ancestrais comuns. Todos os gêneros descenden-

tes de ancestrais comuns devem ser reunidos numa família, as famílias numa ordem e assim por diante na escala de subordinação dos *taxa* vegetais. (Por *táxon* se designa uma unidade classificativa qualquer.)

Uma visão sumária dêste assunto pode ser obtida do esquema que segue. O leitor curioso encontra informações mais completas na obra denominada *Introdução ao Estudo da Botânica Sistemática*, do mesmo autor.

ESQUEMA DA DIVISÃO DO REINO VEGETAL:

1.ª divisão: THALLOPHYTA
- 1.ª subdivisão: *Bacteria* (Schizomycophytinae)
- 2.ª subdivisão: *Algæ*
  - 1.ª classe: *Cyanophyceæ* (algas azuis)
  - 2.ª classe: *Peridineæ*
  - 3.ª classe: *Diatomeæ* (algas silicosas)
  - 4.ª classe: *Conjugatæ* ⎫
  - 5.ª classe: *Chlorophyceæ* ⎬ Chlorophyta ou algas de côr verde
  - 6.ª classe: *Charophytæ* ⎭
  - 7.ª classe: *Phæophyceæ* (algas pardas)
  - 8.ª classe: *Rhodophyceæ* (algas vermelhas)
- 3.ª subdivisão: *Fungi*:
  - 1.ª classe: *Phycomycetes* (hifas s/septos)
  - 2.ª classe: *Mycomycetes* (hifas c/septos)
    - 1.ª ordem: **Ascomycetes**
    - 2.ª ordem: **Basidiomycetes**
- 4.ª subdivisão: *Lichenes* (formados pela simbiose entre algas e fungos).

2.ª divisão: ARCHEGONIATÆ
- 1.ª subdivisão: *Bryophyta*:
  - 1.ª classe: *Hepaticæ*
  - 2.ª classe: *Musci foliosi*
- 2.ª subdivisão: *Pteridophytas*
  - 1.ª classe: *Filicales*
    - 1.ª ordem: **Eufilicineæ**
    - 2.ª ordem: **Hydropteridineæ**
  - 2.ª classe: *Articulatæ*
    - 1.ª ordem: **Equisetales**
  - 3.ª classe: *Lycopodiales*
    - 1.ª Fam.: **Lycopidiaceæ**
    - 2.ª Fam.: **Selaginellaceæ**

3.ª divisão: SPERMATOPHYTA (Phanerogamæ)

- 1.ª subdivisão: *Gimnospermæ*
  - 1.ª classe: *Cycadales*
  - 2.ª classe: *Coniferales*
- 2.ª subdivisão: *Angiospermæ*:
  - 1.ª classe: *Dicotiledoneæ*
    - 1.ª subclasse: **Choripetalæ**
    - 2.ª subclasse: **Sympetaleæ**
  - 2.ª classe: *Monocotyledoneæ*

NOÇÕES DE BOTÂNICA SISTEMÁTICA

CAP. II. THALLOPHYTA

1. § Bacteria
2. § Algae
3. § Fungi
4. § Lichenes

CAPÍTULO II

THALLOPHYTA

Os talófitos não constituem grupo natural. Sua origem polifilética parece segura. Usamo-lo aqui pela facilidade didática. O mesmo se refere à sua subdivisão em bactérias, algas, fungos e liquens.

Seu aparelho vegetativo apresenta estrutura de talo, com as mais variadas formas. Não possui vasos lenhosos.

A reprodução pode ser sexuada ou assexuada. A alternância das gerações não é regular. Não formam embriões. Não têm flôres nem sementes. A diversidade dos fenômenos é grande.

1. §. Bacteria

As bactérias são plantas unicelulares, extraordinàriamente pequenas. Suas células medem 2 micros de comprimento, em média. Possuem núcleos visíveis ao microscópio eletrônico.

Sòmente conhecemos sua reprodução assexuada, que se realiza por divisão direta das células (cissiparidade). Vivem em

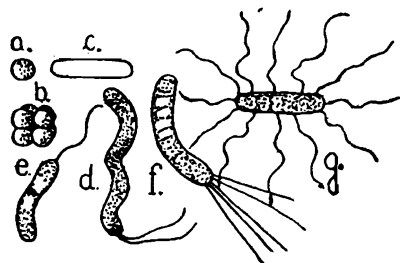



Fig. 82 — Formas de bactérias: a. Coccus (seg. HARDER). b. Sárcina (seg. HARDER). c. Bastonete (seg. HARDER). d. Thiospirillum sanguineum (seg. WARMING). e. Vibrio cholerae (seg. A. FISCHER). Forma monotricha. f. Spirillum undula (seg. A. FISCHER). Forma lophotricha. g. Bacterium typhi (seg. A. FISCHER). Forma peritricha.

meios úmidos ou líquidos. São capazes de produzir formas enquistadas, que podem perdurar em estado de vida latente, no sêco, durante muito tempo.

Morfològicamente, distinguem-se duas formas fundamentais: o bastonete e o côco. (Fig. 82.) O último tem forma de uma minúscula bolinha. Côcos agrupados em pares, denominamos *diplococos;* côcos agrupados em fileiras, *estreptococos;* côcos agrupados de maneira irregular, *estafilococos;* cubos formados por 8 côcos, *sárcinas.* Os bastonetes podem ser retos ou curvos, dotados ou não de flagelos. São *monótricos,* quando possuem sòmente um flagelo; *lofótricos,* quando apresentam feixes de flagelos; *perítricos,* quando rodeados por flagelos. Bastonetes em forma de vírgulas descrevem-se como *vibriões;* bastonetes em forma de saca-rôlhas, como *espirilos.* Do espirilo pròpriamente dito, distingue-se a *espiroqueta,* pelo fato de possuir uma célula não rija, capaz de executar movimentos próprios.

Bactérias que causam doenças infecciosas são consideradas *patogênicas.* Além delas, existem muitíssimas espécies *apatogênicas* que desempenham um papel de extrema importância no ciclo do nitrogênio e de outras substâncias na natureza.

Observação prática. Material para observação da maioria dos tipos de bactérias pode ser obtido, raspando-se um pouco da mucosa das gengivas. O material deve ser distribuído em finíssima camada, numa lâmina e secado ràpidamente, passando-a sôbre uma chama. Depois, é endurecido durante dois minutos com algumas gôtas de álcool absoluto, podendo ser exposto, em seguida, durante 2 a 5 minutos, à ação de um corante (por ex. violeta genciana a 1%). Lava-se o preparado em água corrente. Seca-se na chama e observa-se no microscópio com lente de imersão, sem cobri-lo com a lamínula.

Bactérias vivas podem ser observadas, colocando uma gôta do líquido de uma cultura de *lactobacilos* entre lâmina e lamínula. Estas culturas estão à venda em qualquer farmácia, sob diversas denominações, como, por ex., "Leiba", "Lacto-Geyer" e muitas outras.

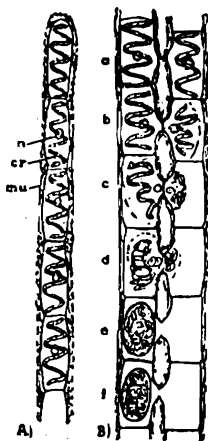
2. §. Algae

As algas são organismos uni ou pluricelulares, autotróficos, essencialmente aquáticos. Suas células possuem núcleo, citoplasma, cromatóforos clorofilados (mesmo nas classes de côr diferente), substâncias de reserva e membranas de celulose. As Diatomáceas possuem membranas silicosas.

A reprodução das algas pode ser sexuada ou assexuada. Apresentam muitas variantes nas diversas classes, razão pela qual exemplificamos, aqui, sòmente dois casos: o da *Spirogyra* (ex. de Conjugadas) e do *Oedogonium* (ex. de Clorofíceas).

Spirogyra (Fig. 83) é uma alga pluricelular filiforme, sem ramificações. Vive flutuando livremente na água doce. Cada

célula possui um núcleo haplóide de posição central, citoplasma, um ou vários cromotóforos verdes, em forma de fitas helicoidais e membrana de celulose coberta por mucilagem. A substância de reserva é o amilo pirenóide.

Fig. 83 — Spirogyra. A) Fio simples; cr = cromatóforo; mu = bainha de mucilagem; n = núcleo. B) Dois fios em conjugação; a — início da formação das verrugas nupciais; b — comêço da fusão das verrugas nupciais; c — o protoplasto da célula direita começa a migração; d — início da fecundação; e — comêço da formação do zigoto; f — zigoto na célula à esquerda. Esquema orig.

Não apresenta reprodução assexuada pròpriamente dita. Suas células sofrem divisão por mitose e assim o fio cresce em comprimento. Nas Conjugadas unicelulares a divisão mitótica resulta em multiplicação do número de indivíduos.

A reprodução sexuada é isogâmica: dois fios de *Spirogyra* tomam posição paralela um ao outro. As membranas das células vizinhas começam, cada uma, a emitir protuberâncias correspondentes, denominadas *verrugas nupciais*. Estas, ao tomarem contato, concrescem.

As membranas dissolvem-se no lugar de contato, abrindo o canal de copulação. O protoplasto de uma célula passa através dêste canal para a célula vizinha, onde os dois protoplastos se fundem. Dentro da célula origina-se nova célula diplóide, dotada de membrana impermeável. A nova célula denomina-se *zigoto*. O zigoto pode perdurar em estado de vida latente, no sêco, durante bastante tempo.

Na água, germina, produzindo por mitoses sucessivas, nôvo fio de *Spirogyra*. A primeira destas mitoses é heterotípica. Transforma o núcleo diplóide do zigoto em dois haplóides.

Também o *Oedogonium* é uma forma pluricelular, filiforme, sem ramificações e de água doce (Fig. 84). Os fios são presos, por uma das extremidades, a um substrato sólido. Suas células possuem, cada uma, um núcleo haplóide, de posição mais ou menos central, um cromatóforo verde de forma cilíndrica (nas células velhas fragmenta-se em pedaços irregulares), citoplasma, amilo pirenóide e membrana de celulose.

A *reprodução assexuada* é feita por zoósporos. (Compare: *II Parte, Cap. II*, 5. §.) No caso em aprêço, cada *zoosporângio*

produz um único zoósporo. Êste possui forma ovóide. É dotado de uma roda de cílios para sua locomoção. Saindo do zoosporângio, procura encontrar algum substrato sólido. Fixa-se nêle, transformando sua ponta ciliada numa ventosa. Por sucessivas divisões mitóticas, desenvolve nôvo fio de *Oedogonium*. Qualquer das células dêste fio pode dar origem a um nôvo zoósporo.

A *reprodução sexuada* é heterogâmica. (Compare: *II Parte, Cap. II*, 6. §.) Qualquer das células de um fio pode ser transformada em anterídio ou em oogônio.

O *anterídio*, gametângio masculino, forma em cada uma de suas células, dois espermatozóides. Cada espermatozóide repete a estrutura do zoósporo. É de tamanho menor.

O *oogônio*, gametângio feminino, é constituído de uma única célula que transforma seu protoplasto numa oosfera redonda. Esta difere dos espermatozóides e dos zoósporos, pelo seu tamanho maior e pela falta de cílios.

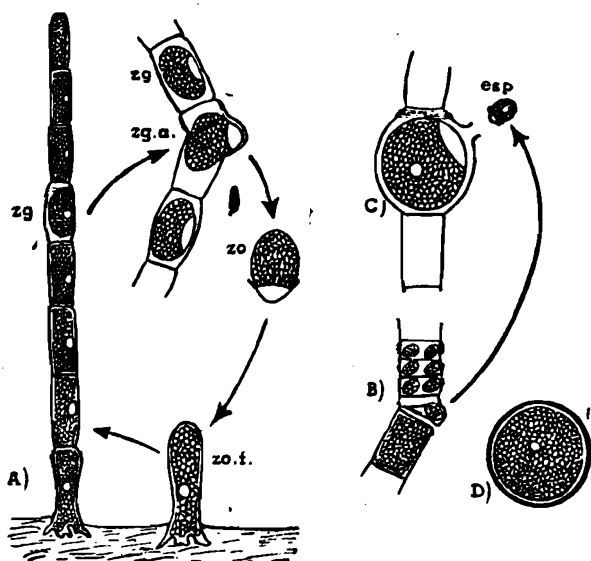



Fig. 84 — Oedogonium. A) Fio vegetativo e ciclo da reprodução assexuada; zg = zoosporângio; zg.a. = zoosporângio, abrindo-se; zo. = zoósporo; zo.f. = zoósporo fixado num substrato sólido. B) Anterídio, uma das células está aberta libertando um espermatozóide. Em cada célula enxergam-se dois espermatozóides. C) Oogônio com oosfera pouco antes da fecundação; esp. = espermatozóides. D) Zigoto. Esquema original.

Um espermatozóide, atraído e guiado por substância excretada pela oosfera, penetra no oogônio. Fundindo-se com a oosfera, executa, assim, a fecundação.

A oosfera fecundada (diplóide) reforça sua membrana celulósica (*intina*) com uma camada externa (*exina*) impermeável, transformando-se num *zigoto*. Êste pode perdurar, no sêco, em estado latente, durante muito tempo. Ao cair na água, germina. Sua germinação começa por mitose heterotípica seguida por mitose equacional. Resultam, por fim, quatro zoósporos haplóides. Ao se libertarem do zigoto, cujas membranas se rompem, procuram um substrato sólido. Neste se fixam e produzem novos fios de *Oedogonium*.

Observação prática. O limo encontrado nas águas correntes ou estagnadas, inclusive das sarjetas, fornece rico material. Algas podem ser observadas diretamente entre lâmina e lamínula numa gôta de água.

O limo escuro das sarjetas costuma ser constituído por Cianofíceas (*Oscillatoria*), principalmente.

Spirogyra é formado por filamentos verdes de vários cm de comprimento, escorregadios e gelatinosos.

Oedogonium forma fios curtos em galhos e fôlhas de capim, submersos na água.

3. §. Fungi

Os fungos são heterotróficos, aclorofilados, geralmente pluricelulares. Vivem na água, na terra ou num habitat parasítico. Calor e umidade favorecem seu crescimento. Suas células possuem um, dois ou vários núcleos. A membrana é celulósica ou quitinosa. Aos fungos pertencem todos os organismos conhecidos por mofos, bolores e cogumelos. Alguns (por exemplo *Penicillium* e *Aspergillus*) são úteis à humanidade, quer através de seus produtos (penicilina), quer como alimento (p. ex.: *trufas* e *champignons*). Outros causam prejuízos através de doenças nos humanos (parasitos e fungos venenosos), nos animais ou nas plantas cultivadas. Ainda outros têm interêsse sòmente para a ciência.

Assexuadamente, reproduzem-se por *zoósporos*, *esporos* e *conídios* (Fig. 86). Zoósporos encontram-se nas formas aquáticas; conídios e esporos de tipos muito variáveis, nas formas terrestres. Conídios são esporos produzidos por articulação externa de *hifas* do fungo. Por hifas, designamos seus fios celulares. O conjunto das hifas entrelaçadas forma o *micélio*, um talo plano com contôrno circular.

Sexuadamente reproduzem-se por isogamia ou heterogamia.

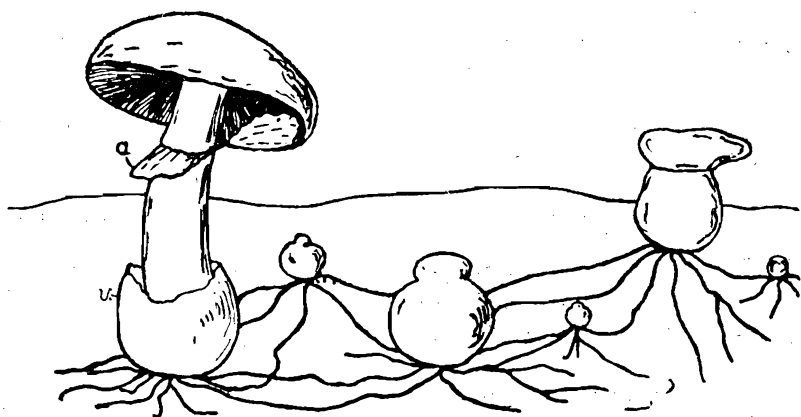



Fig. 85 — Desenvolvimento dos corpos frutíferos duma Agaricácea (cogumelo de chapéu) no micélio. a. — anel; v. — volvo. Esquematizado 1/3 nat.

Os *cogumelos de chapéu* (Fig. 85) possuem um micélio subterrâneo de cujas bordas brotam os corpos frutíferos (vulgarmente denominados *cogumelos* ou *chapéus-de-cobra*). No interior dêstes corpos frutíferos realiza-se a fecundação. O produto final do processo são esporos (*Ascósporos* ou *Basidiósporos*, de acôrdo com o grupo a que pertencem). Êstes esporos são formados numa camada especial do chapéu que leva a denominação de *himênio.* O himênio pode ser formado por lamelas, poros, dentes ou outros tipos de excrescências.

Fig. 86 — A. Conidióforo de Aspergillus herbariorum (seg. BREFELD). B. Conidióforo de Penicillium glaucum. (seg. KNY). C. Copulação de gametângios de Aspergillus herbariorum. (seg. KNY).

Dado o contôrno circular do micélio, formam os corpos frutíferos anéis de diâmetro maior ou menor. A superstição popular, ignorando a causa do fenômeno, designa êstes anéis como *anéis-de-bruxo.*

Observação prática. A observação e interpretação de material de fungos requer sempre a presença de um conhecedor da matéria. Não obstante, é fácil obter material mofado que pode conter conidióforos dos gêneros

Aspergillus e *Penicillium* (Fig. 86) e que são de fácil reconhecimento. É vantajoso incluir o material numa gôta de cloral hidratado entre lâmina e lamínula. Antes de secar, o cloral deve ser substituído por glicerina concentrada.

4. §. Lichenes

Os *liquens* são produtos da simbiose entre algas e fungos. Não obstante o fato de que seus parceiros podem ser isolados e cultivados independentemente e, o que é mais importante, que durante a vida em comum podem reproduzir-se separadamente, constituem um consórcio específico com estrutura e modos de vida característicos. Cada espécie de líquen é capaz de reproduzir-se a si mesmo por meio de *sorédios*, pequenos corpúsculos que se separam de seu talo. Os sorédios contêm células da alga envôltas em hifas do fungo.

Morfològicamente, dividem-se em liquens crustáceos, foliáceos e arbustivos.

Observação prática. Sôbre pedras e troncos de árvores existem crostas cinzentas formadas por liquens. Cortes transversais, a navalha, dêstes talos, tingidos com Sudan III em glicerina, observados ao microscópio entre lâmina e lamínula, deixam perceber sua estrutura. Podem-se distinguir quatro camadas: uma superior, tingida de vermelho — a *camada cortiçal superior;* em seguida, uma camada com hifas de fungo e células de alga (*gonidias*) — a *camada gonidial;* depois, a *camada medular* formada por hifas do fungo sòmente; por último, junto ao substrato, outra *camada cortiçal*, vermelha. O fato da coloração vermelha com Sudan III, demonstra a suberificação das membranas nas respectivas camadas e que isolam o interior do líquen do ambiente.

EDITORA GLOBO

ESTUDO PRÁTICO DA BOTÂNICA GERAL

ALARICH R. SCHULTZ

NOÇÕES DE BOTÂNICA SISTEMÁTICA

CAP. III. ARCHEGONIATÆ

1. § Bryophyta
2. § Pteridophyta

CAPÍTULO III

ARCHEGONIATÆ

As Arquegoniadas, também denominadas *Embriófitos-asifonógamos* e *Exoprotaliados*, formam um grupo natural legítimo. Ao leigo, são conhecidos como musgos (briófitos) e samambaias (pteridófitos).

Apresentam alternância regular entre a geração gametofítica (sexuada) e esporofítica (assexuada). No gametófito (haplóide) se formam os gametângios. Os masculinos — *anterídios* (Fig. 54, B) — dão origem a *espermatozóides*. Os femininos — *arquegônios* (Fig. 54, C e D) — encerram no seu ventre a *oosfera*. Um espermatozóide fecunda a oosfera. Esta, agora diplóide, cresce e se transforma, no ventre do arquegônio, em *embrião*. Do embrião desenvolve-se o esporófito adulto por crescimento. Neste formam-se os *esporângios* (Fig. 50, C) que dão origem aos *esporos*. No interior dos esporângios destacam-se algumas células diplóides (células-mães-de-esporos) e sofrem duas divisões mitóticas sucessivas. A primeira destas divisões é reducional. Cada célula-mãe transforma-se em 4 esporos haplóides. Os esporos, ao germinarem, originaram novos gametófitos.

As Arquegoniadas não possuem sementes, frutos ou flôres.

1. §. Bryophyta

Os briófitos ou musgos são plantas terrestres pequenas. Medem entre poucos milímetros no mínimo e 20-30 cm, no máximo. Excepcionalmente podem ser aquáticos. Dividem-se em Hepáticas e Musgos foliosos.

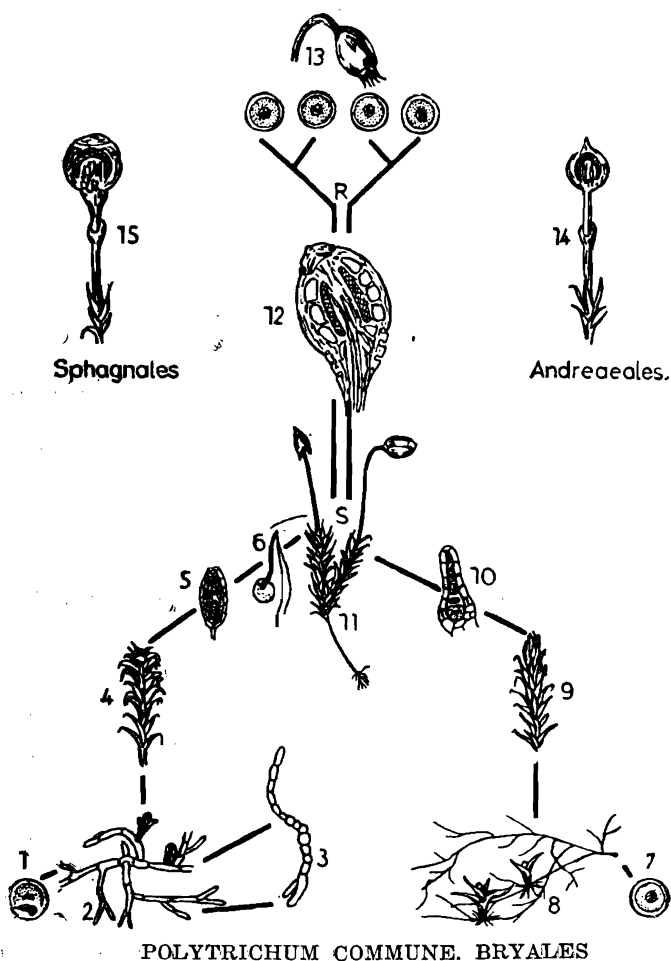
A planta verde representa a fase gametofítica do seu ciclo. Nas *Hepáticas* é formada por um talo verde achatado com ramificação dicotômica ou então, nas categorias mais diferen-

POLYTRICHUM COMMUNE. BRYALES

Fig. 87 — Esquema do desenvolvimento dum musgo folioso. 1-13. Polytrichum commune. 1. Esporo; 2. Parte dum protonema; 3. Parte dum protonema com células arredondadas que servem para a propagação vegetativa; 4. Planta masculina com anteridário na ponta. (tam. nat.); 5. Anterídio; 6. Espermatozóide; 7. Esporo; 8. Protonema com plantas novinhas (tam. nat.); 9. Planta feminina com arquegoniário na ponta (tam. nat.); 10. Arquegônio ainda fechado, a oosfera, a célula do canal ventral e as células do canal do colo estão intatas; 11. Planta feminina com dois esporogônios de seta comprida. A cápsula do esporogônio à esquerda está coberta da caliptra resultante da parede do arquegônio (tam. nat.); 12. Corte longitudinal da cápsula (esquematizado); 13. Cápsula aberta demonstrando os dentes do peristômio; 14. Esporogônio das Andreæales suportado pelo pseudopódio (esquematizado); 15. Esporogônio das Sphagnales suportado pelo pseudopódio (esquematizado).

ciadas, por um caulóide delicado, com filóides verdes e rizóides. Os filóides são formados por uma única camada de células.

A planta gametofítica dos *Musgos foliosos* é sempre formada por *caulóides, filóides* e *rizóides.* Os filóides podem ter mais que uma camada de células e são plicados no meio, à semelhança de uma nervura mediana. Entre os filóides (Fig. 87), na ponta dos caulóides, desenvolvem-se os *arquegônios* e os *anterídios.* Os numerosos filóides do musgo formam um sistema de pequenos capilares que retêm a água necessária para a locomoção do espermatozóide. O espermatozóide possui dois flagelos, inseridos na ponta dum núcleo haplóide alongado e curvo e uma vesícula terminal com substâncias de reserva. Estas fornecem a energia para percorrer (Fig. 87,6) com movimentos dos flagelos o trajeto entre o anterídio e o arquegônio mais próximo.

A oosfera fecundada dá origem a um *embrião* muito primitivo, composto de duas células. Êste transforma-se no esporófito adulto, aqui denominado *esporogônio.* O esporogônio consta de 3 partes: *pé* ou *haustório, seta* e *cápsula.* O *pé*, produto da célula basal do embrião, é um órgão de absorção e fixação que penetra os tecidos do caulóide. A célula apical do embrião produz uma haste delgada e comprida, chamada *seta.* A ponta da seta engrossa e dá assim origem à *cápsula* (Fig. 87, 12). No interior da cápsula formam-se os *esporos*, quatro de cada célula-mãe. Mais tarde, abre-se a cápsula e os esporos vão sendo disseminados no solo. Germinando, produzem sôbre o solo ou outro substrato um emaranhado de finíssimos e mui ramificados filamentos verdes, o *protonema.* Algumas das ramificações do protonema elevam-se. Transformam-se nos caulóides de novas plantas gametofíticas. Aquêles criam filóides e rizóides. Geralmente, o protonema desaparece.

O fato de muitos musgos crescerem sempre próximos uns aos outros ao ponto de formar tufinhos densos, bem separados uns dos outros, explica-se desta maneira: todos os indivíduos de um tufinho de musgo são descendentes de um mesmo protonema.

Observação prática. Musgos com esporogônios podem ser encontrados sob qualquer muro nas redondezas da escola. Formas maiores são comuns em lugares úmidos e sombrios — caminhos à sombra de árvores, beiradas das cascatas etc. A planta gametofítica e o esporogônio podem ser analisados à vista desarmada ou com uma lupa destacando uma parte da outra.

Se fizermos leve pressão sôbre a cápsula de um esporogônio verde (os esporogônios velhos tornam-se pardos ou côr de palha), saem os esporos que podem ser observados ao microscópio em água entre lâmina e lamínula.

O método mais simples para o cultivo de musgos consta em semear esporos maduros em um pedaço umedecido de um vaso de barro.

2. §. Pteridophyta

Compreendem-se por pteridófitos, tôdas as samambaias, no mais vasto senso desta palavra. Ao contrário do que acontece nos briófitos, apresentam seu maior desenvolvimento na fase esporofítica (diplóide). O esporófito é uma planta herbácea de tamanho médio (excepcionalmente pode ser árvore). O caule é um rizoma. As fôlhas possuem nervuras verdadeiras. As raízes são adventícias.

A fase gametofítica (haplóide) é representada por um pequeno talo verde, o *prótalo*.

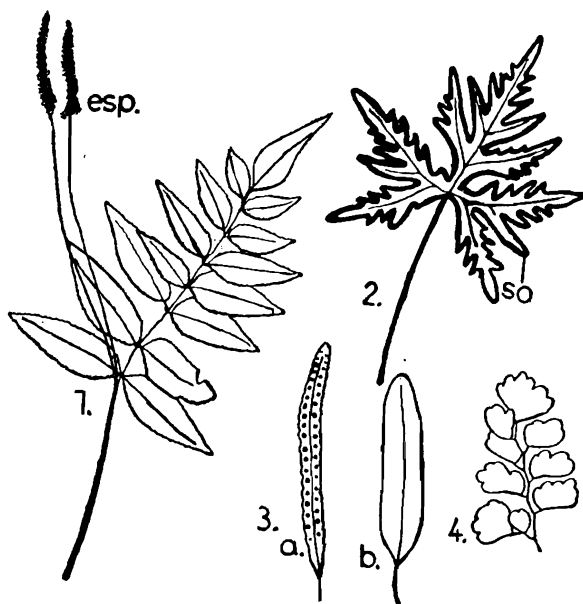



Fig. 88 — Fôlhas de Eufilicíneas. 1. Trofosporófilo de *Aneimia phyllitidis*. Os dois folíolos inferiores são transformados em esporângios = *esp*. 2. Trofosporófilo de *Pteris pedata*; *so.* = soros que acompanham tôda a margem do limbo; 3. *Polypodium lycopodioides; a.* esporófilo; *b.* trofófilo; 4. Parte duma fôlha de *Adiantum cuneatum* = avenca. (Tôdas as figuras têm $^1/_4$ do tam. nat.)

Cada classe desta subdivisão (Compare: *Cap. I*) divide-se em duas ordens, a primeira, composta pelos tipos *isosporados;* a segunda, pelos *heterosporados.* Os isosporados formam um único tipo de esporos. Os heterosporados formam dois tipos de esporos: uns menores, denominados *micrósporos* que produzem prótalos masculinos com anterídios; outros maiores, denominados *macrósporos* que produzem prótalos femininos com arquegônios. (Compare: pág. 256).

Em alguns casos, como por exemplo nas Articuladas, conhece-se o tipo heterosporado em estado fóssil sòmente.

Classes e ordens principais:

As *Eufilicíneas* (Fig. 88), ou samambaias pròpriamente ditas, formam a ordem isosporada da classe dos *Filicales.* São exemplificadas por espécies bem conhecidas como as *avencas, escadinhas-do-céu, samambaia-do-campo, xaxins,* etc. São ervas terrestres ou epífitas (sòmente os xaxins são arborescentes). Seus caules (exceto nos xaxins) são *rizomas* subterrâneos ou rastejantes. Para o substrato emitem feixes de *raízes adventícias* e para o ar, *fôlhas* verdes. A forma das fôlhas varia muito (Fig. 88). Em geral, são compostas e relativamente grandes. Não têm estípulas. No botão estão enroladas numa espiral apertada, posição esta denominada *vernação circinada* (Fig. 89, 6). Na face dorsal das fôlhas originam-se grupos de esporângios denominados *soros.* Cada soro é composto por uma excrescência da epiderme, denominada *placenta,* de cuja superfície brotam os *esporângios.*

A placenta, muitas vêzes, forma por cima dos esporângios uma escama protetora, denominada *véu* ou *indúsia* (Fig. 89, 8). Contornos e estrutura dos soros e dos esporângios, fornecem os característicos mais importantes para a classificação das famílias e dos gêneros da ordem das Eufilicíneas.

No interior dos esporângios (Fig. 89, 9-11) destacam-se algumas *células-mães-de-esporos.* Cada uma delas, sofrendo divisão redutora seguida por mitose somática, transforma-se em 4 esporos, iguais entre si. Os esporos são compostos de um núcleo haplóide, citoplasma, substâncias de reserva e envoltos numa membrana dupla como nos briófitos. Há muitos em cada esporângio. Disseminados sôbre o solo, germinam. Produzem um talo delicado, verde-claro, achatado, mais ou menos cordiforme, de poucos milímetros de comprimento, o prótalo (Fig. 89, 1).

O *prótalo* possui rizóides, anterídios e arquegônios. Todos na face dirigida para o solo. Quando existe uma gôta de água

Fig. 89 — Esquema do desenvolvimento das Eufilicíneas. 1. Prótalo visto de baixo; *ar.* = arquegônios; *ant.* = anterídios; *ri.* = rizóides; *esp.* = esporo cuja germinação deu o prótalo. (10x). 2. Anterídio. (200x). 3.

Espermatozóide policiliado. (500x). 4. Parte dum corte transversal dum prótalo na região dos arquegônios; *ar1.* = início dum arquegônio. *ar2.* = arquegônio quase maduro. (200x). 5. Planta esporofítica nascendo dum arquegônio fecundado no prótalo; visto de baixo; *co.* = cotilédone; *ra.* = raiz primária (5x). 6. Planta adulta (esporófito) com uma fôlha nova, ainda enrolada e à direita uma fôlha bem desenvolvida. As pontuações nos folíolos são os soros; *r* = rizoma (1/4 do tam. nat.). 7. Folíolo com soros (tam. nat.). 8 Corte através dum soro; *es.* = esporângio; *in.* = indúsia; *pl.* = placenta. 9. Corte transversal dum início de esporângio. Demonstra o crescimento por uma inicial bilateral. A célula central escura é a inicial do arquespório (200x). 10. Corte transversal dum esporângio. Formação do tapeto = *ta.* (200x). 11. O mesmo, mais progredido. As células escuras são as células-mães-de-esporos. Absorvem o tapeto (200x). 12. Esporângio maduro visto de fora; *an.* = anel; *st.* = estômio (200x).

por baixo do prótalo, por exemplo, procedente do orvalho ou de uma chuva, realiza-se a fecundação. Um *espermatozóide* (Fig. 89, 3), procedente de um *anterídio*, locomove-se a nado para o *arquegônio* aberto mais próximo e funde seu núcleo com o da oosfera. Da oosfera fecundada (diplóide), desenvolve-se um embrião no ventre do arquegônio. O *embrião* possui quatro partes: um *haustório*, *raiz primária*, *cotilédones*, *caule* (Fig. 89, 5). O haustório penetra os tecidos do prótalo que lhe fornece o alimento. Em seguida, nasce a *raiz primária*, que estabelece contato com o solo e absorve a seiva bruta. Os cotilédones, fôlhas primárias e primitivas de côr verde, transformam esta seiva bruta em elaborada. A planta embrionária torna-se independente do prótalo, em relação à sua nutrição. Agora começa a desenvolver o caule. Êste cresce extraordinàriamente, transformando-se no rizoma do esporófito adulto, dotado de fôlhas e de raízes adventícias poderosas. Simultâneamente, desaparecem, por degenerescência, os restos do prótalo e dos órgãos embrionários, a saber: haustório, raiz primária e cotilédones, que se tornam obsoletos.

As *Hidropteridíneas* formam a ordem heterosporada da classe *Filicales*. São ervas aquáticas flutuantes ou enraizadas no lôdo do fundo de seu habitat (Fig. 90, A). Os esporângios (micro e macrosporângios) encontram-se encerrados numa cápsula formada por fôlhas concrescidas pelas margens e que se denomina *esporocarpo* (gr. *carpós* = fruto). Os *microsporângios*, pequenos e redondos, existem em grande quantidade. Cada célula-mãe, no seu interior, transforma-se em 4 *micrósporos*. Os *macrosporângios*, maiores e ovalados, são menos numerosos no esporocarpo. Sòmente uma das *células-mães* no seu interior, desenvolve-se. Dos 4 macrósporos

originalmente resultantes, 3 degeneram. Cedem sua substância ao único sobrevivente. Êste *macrósporo* fértil adquire tamanho maior e enche o macrosporângio todo.

Quando os esporos estão maduros (no outono), desprendem-se os esporocarpos dos seu pecíolos e ficam boiando na água até a próxima primavera. Na primavera, sua casca torna-se permeável. Seu conteúdo incha, quebra a casca e larga milhares de micrósporos e centenas de macrósporos para a água, onde ficam flutuando.

Os *micrósporos* desenvolvem no seu interior um *microprótalo* com um *anterídio.* Neste se formam vários *espermatozóides*, compostos por um núcleo encaracolado, dotado de vários flagelos na sua ponta e uma vesícula com substâncias de reserva na outra extremidade.

Os *macrósporos*, ao germinarem, dão origem a um pequeno *macroprótalo* verde, visível numa de suas pontas ovóides. A parte maior e mais importante dêste macroprótalo é o *arquegônio*, de posição central.

Um espermatozóide fecunda a oosfera no ventre de um arquegônio e dá, assim, início à formação de um nôvo esporófito. O desenvolvimento embrionário é idêntico ao das Eufilicíneas.

As *Articuladas* formavam uma unidade variada e grande em épocas geológicas passadas (fósseis). Na flora atual estão representadas pela família das *Eqüisetáceas*, isosporadas, composta pelo gênero único, *Equisetum*. Seus caules são articulados em nós (Fig. 90, B) sólidos e internódios ocos. Têm uma parte subterrânea, o rizoma, e brotos verdes, clorofilados, que nascem dos nós do rizoma e se elevam para o ar. Nos nós dêstes brotos, cuja epiderme é silicificada, existem numerosas fôlhas rudimentares, membranáceas, pequenas e triangulares. De suas axilas crescem verticilos de ramificações verdes. Na ponta de um brôto pode se formar um cone (espiga) composto por escamas (*esporófilos*), portadores de *esporângios*. Cada *célula-mãe-de-esporos* de cada esporângio produz 4 esporos iguais. Dois dos quais originam *prótalos* portadores de *anterídios* e os outros dois, prótalos portadores de *arquegônios*.

Os esporos apresentam um detalhe interessante. Na sua exina existem 4 fitas higroscópicas (*eláteros*) que se contraem e distendem com as alterações da umidade, permitindo ao esporo movimentos rastejantes pelos quais se afasta da planta mãe.

O ciclo evolutivo, salvo as diferenças citadas, é igual ao das Eufilicíneas.

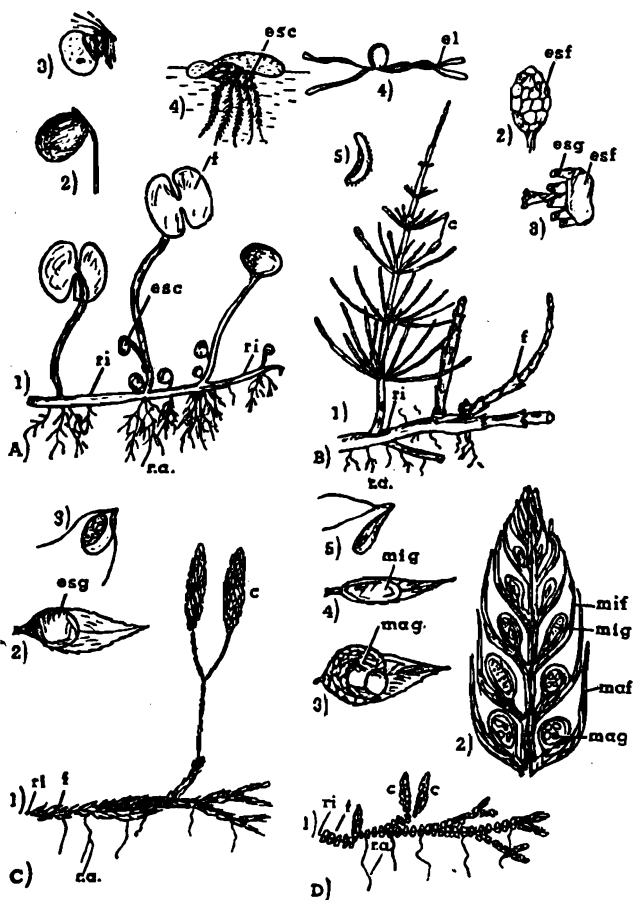



Fig. 90 — A) *Hydropteridineæ*: 1) *Regnellidium diphyllum;* 2) Esporocarpo de Regn. diph.; 3) Espermatozóide de Regn. diph.; 4) *Salvinia natans*. B) *Equisetum spec.:* 1) Esporófito adulto; 2) Cone de esporófilos; 3) Esporófilo com esporângios; 4) Esporo com eláteros estendidos; 5) Espermatozóide. C) *Lycopodium spec.*: 1) Esporófito adulto; 2) Esporófilo; 3) Espermatozóide. D) *Selaginella spec.:* 1) Esporófito adulto; 2) Corte longitudinal duma espiga de esporófilos; 3) Macrosporófilo; 4) Microsporófilo; 5) Espermatozóide. Esquema. Abreviações: *c* = cone ou espiga de esporófilos; *el* = elátero; *esc* = esporocarpo; *esf* = esporófilo; *esg* = esporângio; *f* = fôlha; *mag* = macrosporângio; *maf* = macrosporófilo; *mig* = microsporângio; *mif* = microsporófilo; *r.a.* = raiz adventícia; *ri* = rizoma.

Das *Licopodíneas* sobrevivem na nossa flora atual sòmente as famílias *Lycopodiaceæ* e *Selaginellaceæ*, cada uma com um gênero.

As *Licopodiáceas* são isosporadas. São ervas terrestres ou epífitas. Seu esporófito (Fig. 90, C) possui um caule filiforme rastejante e fino que pode alcançar alguns decímetros ou até alguns metros de comprimento. Sua ramificação é dicotômica. Emite raízes adventícias isoladas. É rodeado por fôlhas verdes, triangulares, pequenas.

Algumas das ramificações do caule elevam-se. Nas suas pontas comprimem-se as fôlhas um pouco mais robustas, formando uma espiga visìvelmente destacada. Na face ventral destas fôlhas, que são *esporófilos*, existem *esporângios*, um em cada esporófilo. As células-mães dêstes esporângios desenvolvem 4 esporos cada uma. Seu desenvolvimento segue ao padrão das Eufilicíneas.

As *Selagineláceas* (Fig. 90, D) são heterosporadas. Na parte vegetativa diferem da família anterior pela disposição das fôlhas em 4 fileiras ao redor do caule (há exceções que também possuem fôlhas em disposição espiralada). As espigas de esporófilos apresentam na base fôlhas um pouco maiores, portadoras de esporângios maiores, denominados *macrosporófilos* e *macrosporângios*, respectivamente, um em cada fôlha.

No interior de cada macrosporângio formam-se 4 *macrósporos* férteis, produtos da única célula-mãe que se desenvolve.

Na ponta da espiga há fôlhas menores com esporângios menores, *microsporófilos* e *microsporângios*, respectivamente. Um em cada fôlha. No interior dos microsporângios existem muitas *células-mães-de-esporos*. Cada uma delas origina quatro *micrósporos*. O ciclo evolutivo segue as linhas gerais das Hidropteridíneas.

Observação prática. Todos êstes fenômenos, para poderem ser assimilados pelo estudante, requerem a mais minuciosa demonstração dos fatos reais.

Ótimo material para o ciclo básico das *Eufilicíneas* obtém-se pelo expediente simples de cultivar uma *avenca* num pote de barro sem limpar as paredes do mesmo. Convém manter o pote num prato com água. A própria planta fornece o material para o estudo do esporófito, esporângios, esporos, etc. Os esporos, caindo no barro úmido, germinam e desenvolvem, em poucos meses, prótalos com embriões em fases diversas de desenvolvimento.

Nas regiões em que existem exemplares de *Regnellidium* ou *Marsilea* (podem ser encontrados em lugares inundados), é fácil colecionar esporocárpios. Os esporocárpios têm aspecto de pequenas ervilhas duras e escuras. Para obter esporos, prótalos e espermatozóides, basta limar parte de sua casca dura até que apareça o interior esbranquiçado. Os esporocárpos, assim preparados, devem ser cultivados numa placa-de-petri com um pouco de água. Dentro de 1 a 3 dias abrem-se. Os esporos germinam e podem ser observados diretamente com uma lupa. Gôtas da água de cultura, observadas ao microscópio, entre lâmina e lamínula, permitem, muitas vêzes, o exame de espermatozóides.

Com um pouco mais de paciência e prática, pode-se cultivar *Lycopodium* e *Sellaginella* da mesma maneira como as avencas. Podem ser encontrados em lugares úmidos nas nossas matas. A observação do prótalo é difícil.

Eqüisetáceas encontram-se em pantanais, principalmente. Quanto ao cultivo são semelhantes aos anteriores.

NOÇÕES DE BOTÂNICA SISTEMÁTICA

CAP. IV. SPERMATOPHYTA

1. § Gymnospermæ
2. § Angiospermæ
3. § Principais famílias das dicotiledôneas

    I. Choripetalæ
    II. Sympetalæ

4. § Principais famílias das monocotiledôneas

CAPÍTULO IV

SPERMATOPHYTA

Os *Espermatófitos* (gr. *sperma* = semente), também conhecidos por *Fanerógamos, Embriófitos sifonógamos* e *Endoprotaliados* são caracterizados pela reprodução por *sementes.* As sementes são produtos da *flor.* O *fruto* é composto por sementes encerradas pelo ovário amadurecido. Existe sòmente nos angiospermos. As gimnospermas têm sementes. Não têm frutos. Sua flor é aperiantada, nua.

O ciclo evolutivo dos espermatófitos segue as linhas gerais descritas para as *Hidropteridíneas*; há, porém, uma diferença básica: tôda fase gametofítica desenrola-se no interior dos órgãos florais. (Para descrição da flor compare: *II Parte, Cap. III, 1-4* §.) A inclusão da fase gametofítica ou sexuada no interior do esporófito visa eliminar a necessidade da água para a locomoção do espermatozóide na fecundação. A água é aqui substituída pelo suco da própria planta, ou desnecessária em virtude do transporte dos núcleos generativos pelo tubo polínico. Com isto, adaptam-se os vegetais à vida na terra firme, definitivamente. Pois, tanto os *Talófitos* como as *Arquegoniadas*, dependem da água meteórica, pelo menos para efetuar a fecundação.

1. §. Gymnospermæ

Tôdas as gimnospermas são árvores ou arbustos. As mais

conhecidas são os *pinheiros*, *ciprestes* e *palmas-santas*, também chamadas *palmas-de-ramos* ou *sagu-do-jardim*.

A *palma-santa* (*Cycas revoluta*) é uma árvore dióica de pequeno porte. Seu estípite, curto e revestido pelas bainhas das fôlhas caídas, é encimado por vários verticilos de fôlhas penadas, verde-escuras, que atingem o comprimento de 1 m mais ou menos.

No centro das fôlhas das plantas femininas encontra-se um cone ralo de *carpelos* (Fig. 91, A), que correspondem aos *macrosporófilos* dos *Pteridófitos*.

Cada carpelo é portador de vários *óvulos* fixos numa pequena excrescência da epiderme, a *placenta*. Os óvulos são idênticos aos *macrosporângios* (Fig. 49, A). Pois, como nestes, destaca-se no seu interior uma *célula-mãe-de-esporo* (diplóide) que passa por uma divisão redutora seguida por mitose somática. Das 4 células haplóides resultantes, 3 degeneram, cedendo sua substância à quarta sobrevivente que se torna *macrósporo*. Ao contrário do que acontece nos *Pteridófitos*, êste macrósporo não é libertado. Germina no interior do óvulo, onde produz um *macroprótalo* com 2 *arquegônios*. O macroprótalo é também denominado *saco embrionário*.

No centro das fôlhas das plantas masculinas existe um cone duro de *microsporófilos* ou *estames*. Na fase dorsal dos microsporófilos há grupos de *microsporângios* ou *sacos polínicos* (Fig. 91, 1). Cada célula-mãe, contida num saco polínico, sofre divisão redutora seguida por mitose somática. Transforma-se em quatro micrósporos (haplóides) dotados de intina celulósica e exina impermeável. Êstes micrósporos dividem seu interior em 3 células. Depois entram em estado de vida latente. Os micrósporos recebem nesta fase a denominação de *grãos-de-pólen*. (Fig. 91, 3).

Os microsporângios abrem-se por fenda longitudinal e o pólen — um finíssimo pó — é levado pelo vento eventualmente até a micrópila de um óvulo. Esta exsuda uma gôta de suco pegajoso que prende o pólen (*polinização*).

Suco e pólen estão sendo sugados para o interior da *câmara-de-pólen* (Fig. 49, A. c.p.), onde ocorre o segundo dos 3 fenômenos básicos para a formação de uma semente — a *germinação do pólen*. O pólen produz um *microprótalo* filiforme ou *tubo polínico* com um único anterídio (Fig. 91, 4). No *anterídio* originam-se dois *espermatozóides*, compostos por um núcleo encaracolado e cílios, sòmente. Falta-lhes a vesícula com substâncias de reserva, desnecessária porque não nadarão

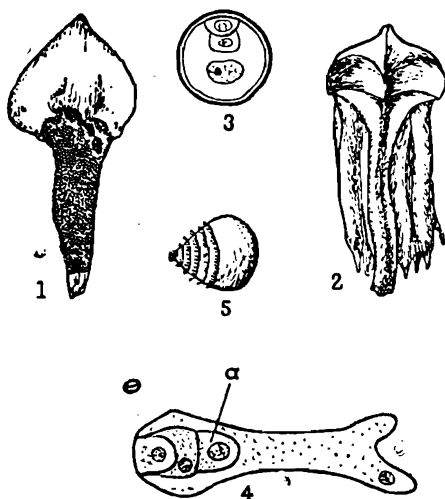



Fig. 91 — *Gymnospermæ.* 1) Microsporófilo de Cycas revoluta; 2) Microsporófilo de Araucaria angustifolia; 3) Pólen de Cycas revoluta; 4) Tubo polínico de Cycas revoluta; *a* = anterídio; 5) Espermatozóide de Cycas revoluta. (1. seg. NOLL. 2. seg. STRASSBURGER. 3-4. seg. H. WEBBER.)

em água mas no próprio suco celular, capaz de lhes fornecer o alimento energético diretamente.

A *fecundação* — o 3.º fenômeno — realiza-se no próprio óvulo. Os espermatozóides são libertados na câmara-de-pólen. O primeiro a alcançar um dos arquegônios (Fig. 49, A. a.) do macroprótalo fecunda sua oosfera. Esta dará origem a um pequeno *embrião*, composto de *raiz primária*, *caule* e *cotilédones* (Fig. 49, C). O embrião permanece em estado de vida latente. Os restos do macroprótalo ao seu redor, transformam-se num tecido de reserva, o *endosperma.* O integumento interno do óvulo endurece, o externo torna-se carnoso. Constituem, em conjunto, a *casca da semente.*

A semente madura desprende-se do macrosporófilo. Cai ao solo e depois de algum tempo germina. A germinação da semente de cicas é epígea. (Compare: *II Parte*, *Cap. I*, *1.* §.)

Os *pinheiros* e *ciprestes* pertencem às *Coníferas.* Suas fôlhas são simples, em forma de triângulos ou agulhas. Nos pinheiros apresentam disposição espiralada e nos ciprestes, disposição oposta-cruzada.

Sua reprodução é igual à das *Cicadáceas*, salvo nalguns pormenores. Os *macrosporófilos* são escamas duras, portadores de 1 a 2 óvulos que formam, em cada árvore, numerosos cones lenhosos, pendentes de seus galhos. Os *macroprótalos* produzem vários *arquegônios*. O *embrião* da semente pode ter muitos cotilédones.

Os microsporófilos (Fig. 91, 2) formam cones menores, amarelados, também numerosos em cada árvore. O *anterídio* dos *microprótalos* forma núcleos alongados, desprovidos de cílios em vez de espermatozóides. Êstes *núcleos generativos* ou *geradores* são levados ao arquegônio pelo tubo polínico, passivamente. Não possuem locomoção própria.

2. §. Angiospermæ

Os *Angiospermos*, plantas floridas pròpriamente ditas dos leigos, podem ter flôres completas ou incompletas. São ervas, árvores e arbustos. Sua reprodução difere da das gimnospermas, nos traços seguintes: como os *óvulos* se encontram fechados no interior do ovário, não pode haver polinização pela micrópila. No ovário forma-se um órgão especial recebedor do pólen, o *estilete* com o *estigma* (Fig. 50). O pólen é transportado de uma antera para o estigma, onde gera um microprótalo (tubo polínico). Seu anterídio produz dois *núcleos geradores*. Na germinação atravessa o estilete até ao ovário, onde descarrega os núcleos para o interior do *saco embrionário*. A estrutura dêste difere fundamentalmente da do macroprótalo das gimnospermas. (Compare: *II Parte, Cap. III.*) Um *núcleo gerador* fecunda a oosfera e origina o *embrião* da semente. O outro une-se aos dois núcleos polares, existentes na célula central do saco embrionário. Do produto desta fusão resulta o *endosperma* da semente. Os integumentos formam sua *casca* e a parede do ovário se transforma na *casca do fruto.*

Há, a rigor, os mesmos três fenômenos básicos observados nas gimnospermas: polinização, germinação do pólen e fecundação.

Os angiospermos dividem-se em dicotiledôneas e monocotiledôneas. A seguir, damos um esquema das diferenças:

DICOTYLEDONEÆ	MONOCOTYLEDONEÆ
As *flôres* em geral com verticilos pentâmeros, tetrâmeros ou dímeros (tipo pentâmero, tetrâmero e dímero). Há exceções.	As *flôres* em geral com verticilos trímeros (tipo trímero), mas com exceções.
Fôlhas ordinàriamente peninérveas (palminérveas, etc.). Nervos ramificados.	As *fôlhas* são geralmente paralelinérveas (curvinérveas, etc.). Não há pròpriamente ramificações dos nervos.
Caule com feixes liberolenhosos abertos, dispostos no cilindro cambial. Existe crescimento diametral secundário.	O *caule* é atravessado por feixes liberolenhosos fechados. Não existe crescimento diametral secundário, por falta de cilindro cambial. Há exceções.
Raiz, em regra, axial, perpendicular e ramificada.	Geralmente, não há *raiz* central perpendicular. Raízes fasciculadas e ramificadas.
Embrião com dois cotilédones, raríssimas vêzes mais.	*Embrião* com um só cotilédone, que nos saprófitos é de forma globular.

Uma enumeração, mesmo aproximativamente completa, das ordens e famílias dos *Angiospermos* é impossível no quadro restrito dêste livrinho. Por isso, exemplificamos sòmente algumas das famílias principais, com menção de tipos (espécies) característicos das mesmas. Talvez facilitemos, desta maneira, ao estudioso, a compreensão intuitiva desta bela e complexa matéria.

3. §. Principais famílias das dicotiledôneas

As dicotiledôneas dividem-se em coripétalas e simpétalas. A corola das coripétalas é formada por pétalas independentes; a das simpétalas por pétalas concrescidas (conatas).

I. *Choripetalæ*

Fam. *Moraceæ*: A família das figueiras e amoreiras é composta de árvores e arbustos, principalmente. Têm fôlhas de formas muito variáveis. As flôres são unissexuais, geralmente tetrâmeras e freqüentemente aperiantadas. Fruto: drupa. Em geral reunidas num sincarpo comestível.
Exemplos: amoreira — *Morus alba* e *Morus nigra*; jaqueira — *Artocarpus integrifolia*; fruta-pão (Fig. 92, 1)— *Artocarpus incisa*; figueira (comestível) — *Ficus carica*; figueira (árvore de sombra) — *Urostigma spec.*; Imbaúba — *Cecropia adenopus*; cânhamo — *Cannabis sativa.*

Fam. *Nymphaeaceæ*: Plantas aquáticas com fôlhas flutuantes, em geral grandes. Flôres: hermafroditas, polímeras, vistosas. Fruto: cápsula ou baga com muitas sementes.
Exemplos: maruru (Fig. 92, 2) — *Victoria regia*; loto — *Nymphæa lotus;* cabumba — *Cabomba aquática.*

Fam. *Lauraceæ*: Árvores e arbustos com fôlhas simples e casca aromática. Flôres: trímeras, em regra hermafroditas. São caracterizadas pela modalidade de deiscência das anteras. Estas abrem-se por pequenas valvas orbiculares. Fruto: baga ou drupa em forma de bolota.
Exemplos: louro — *Laurus nobilis*; canela-verdadeira (condimento) — *Cinnamomum ceylanicum*; canforeiro — *Cinnamomum camphora*; canela-preta (madeira) (Fig. 92, 3) — *Nectandra saligna*; abacateiro — *Persea gratissima*; imbuia — *Phœbe porosa.*

Fam. *Rosaceæ*: Árvores, arbustos ou, raras vêzes, ervas. Fôlhas simples ou compostas, de disposição espiralada. Flôres: em geral pentâmeras, hermafroditas com vários verticilos de estames, cálice persistente, corola caduca, gineceu composto de muitos ou 5 ou 4 ou 1 carpelo. Fruto: drupa, aquênio, baga ou folículo.
Exemplos: rosa (Fig. 92, 4) — *Rosa spec.* (híbridos); framboesa — *Rubus idæus*; amoreira (arbusto trepador com

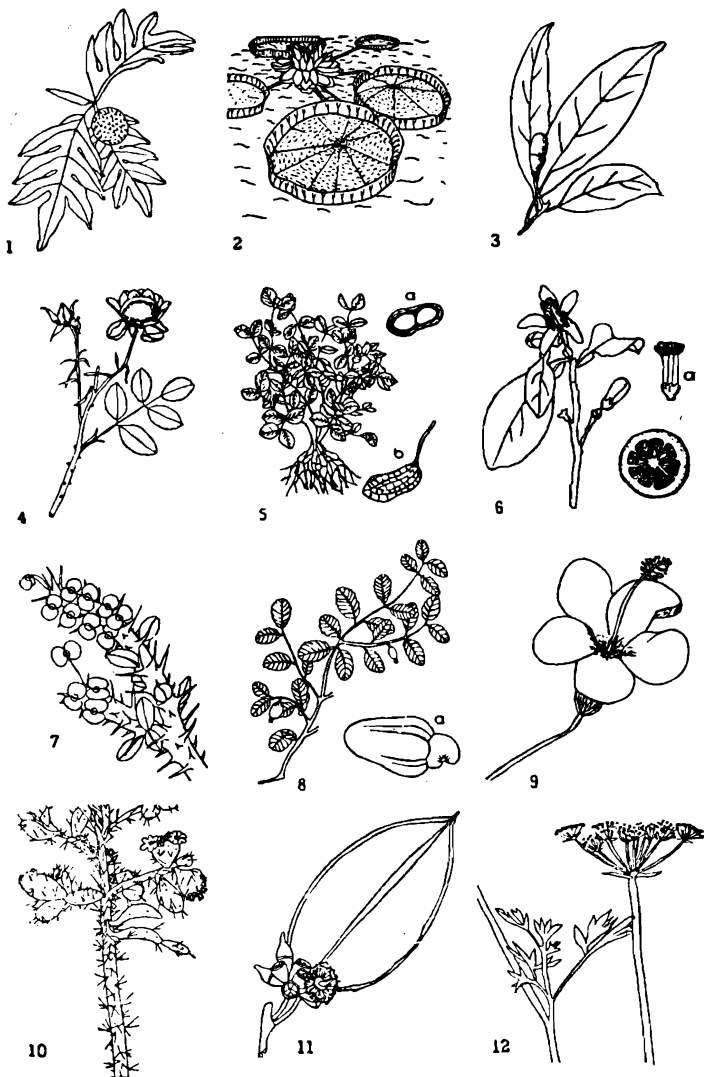



Fig. 92 — *Dicotyledoneæ* — *Choripetala.* 1) Fruta-pão — Artocarpus incisa; 2) Maruru — Victoria-regia; 3) Canela — Nectandra saligna; 4) Rosa — Rosa spp.; 5) Amendoim — Arachis hypogæa, *a* = metade duma vagem com sementes, *b* = vagem; 6) Laranjeira — Citrus vulgaris, *a* = flor sem periâncio, mostrando os filêtes petalóides dos estames, *b* = corte através dum fruto; 7) Martírio — Euphorbia splendens; 8) Caju — Anacardium occidentale, *a* = fruto; 9) Flor de Mimo-de-Vênus — Hibiscus rosa-sinensis; 10) Jurumbeva — Opuntia brasiliensis; 11) Eucalipto — Eucalyptus spp., 12) Salsa — Petroselinum sativum.

acúleos) — *Rubus urticifolius* e *R. brasiliensis*; morango — *Fragaria vesca*; marmeleiro — *Cydonia vulgaris*; pereira — *Pirus malus;* ameixeira comum — *Prunus domestica;* pessegueiro — *Prunus persica.*

Fam. *Leguminosæ*: Uma família muito rica em espécies úteis ao homem. Ervas, arbustos e árvores com fôlhas compostas, geralmente. Flôres: hermafroditas, pentâmeras (na maioria), tetrâmeras ou trímeras, com cálice persistente e corola caduca. Fruto: legume (G 1).

Exemplos:

1) *Mimosoideæ*: ingá — *Inga edulis;* timbaúva — *Enterolobium contortisiliquum;* acácia-negra — *Acacia decurrens;* sensitiva — *Mimosa pudica;* angico — *Piptadenia rigida.*

2) *Cæsalpinoideæ:* copaibeira — *Copaifera officinalis*; pata-de-vaca — *Bauhinia candicans;* grapiapunha — *Apuleia leiocarpa;* cássia — *Cassia spec.*; guapuruvu — *Schizolobium parahybum;* pau-brasil — *Cæsalpinia echinata;* pau-ferro — *Cæsalpinia ferrea.*

3) *Papilionoideæ:* feijão — *Phaseolus spec.*; ervilha — *Pisum sativum;* lentilha — *Lens esculenta;* amendoim (Fig. 92, 5) — *Arachis hypogæa;* fava — *Vicia faba;* soja — *Glycine hispida;* tremôço — *Lupinus spec.*; alfafa — *Medicago sativa;* cabriúva — *Myrocarpus frondosus;* corticeira — *Erythrina cristagalli.*

Fam. *Rutaceæ:* Família das laranjeiras e afins. Em geral, árvores e arbustos com fôlhas simples ou compostas dotadas de glândulas aromáticas, transparentes. Flôres: hermafroditas, em geral, pentâmeras e actinomorfas. Possuem dois característicos especiais: os filêtes dos estames tendem para formas petalóides e existe um anel nectarífero ao redor do ovário súpero. Fruto: baga, drupa, cápsula ou folículo.

Exemplos: laranjeira (Fig. 92, 6) — *Citrus vulgaris;* limoeiro — *Citrus limon;* bergamoteira — *Citrus nobilis;* arrùda — *Ruta graveolens.*

Fam. *Euphorbiaceæ:* Grande número de componentes desta família possuem látex branco que coagula ao contato com o ar. As flôres costumam ser unissexuais e reunidas em inflorescências complexas. Estas, rodeadas por brácteas vistosas, à guisa de uma corola simulam flôres individuais.

Exemplos: tungue — *Aleuritis fordii;* seringueira — *Hevea brasiliensis;* mamona ou rícino — *Ricinus communis;* man-

dioca-braba — *Manihot utilissima;* aipim — *Manihot dulcis;* martírio (Fig. 92, 7) — *Euphorbia splendens.*

Fam. *Anacardiaceæ:* Família das Aroeiras. Árvores e arbustos de fôlhas simples ou compostas. Flôres: pequenas, com a fórmula K 5; C 5, A 5 + 5; G (3 — 1). Fruto: drupa monospérmica.
Exemplos: cajueiro (Fig. 92, 8) — *Anacardium occidentale;* mangueira — *Mangifera indica;* aroeira-braba — *Lithræa brasiliensis.*

Fam. *Malvaceæ:* Ervas, arbustos e árvores com fôlhas simples, estipuladas, alternantes, freqüentemente palminérveas, cobertos de pêlos estrelados.
As flôres são pentâmeras, hermafroditas, actinomorfas. Possuem muitos estames cujos filamentos estão concrescidos num tubo ôco denominado andróforo.
Exemplos: mimo-de-vênus (Fig. 92, 9) — *Hibiscus rosa-sinensis;* quiabo — *Hibiscus esculentus;* lanterna — *Hibiscus schizopetalus;* algodoeiro — *Gossypium herbaceum;* malva — *Malva silvestris;* guaxuma — *Sida rhombifolia.*

Fam. *Cactaceæ:* Vegetais caracterizados pelos caules transformados em cladódios suculentos e fôlhas transformadas em espinhos. Nas Euforbiáceas e Asclepiadáceas existem formas semelhantes que se distinguem pela presença de látex, ausente nesta família.
As flôres são hermafroditas, polímeras, espiraladas, freqüentemente vistosas. Fruto: baga, muitas vêzes comestível.
Exemplos: tuna — *Cereus peruvianus;* jurumbeva — (Fig. 92, 10) — *Opuntia brasiliensis;* figueira-da-índia — *Opuntia ficus-indica;* rainha-da-noite — *Cereus grandiflorus;* ora-pro-nobis — *Peireskia aculeata.*

Fam. *Myrtaceæ:* Árvores e arbustos de fôlhas simples, sem estípulas, opostas, e pontilhadas de glândulas aromáticas, transparentes, que conferem aromas característicos às diversas espécies. Flôres: hermafroditas, actinomorfas, pentâmeras ou tetrâmeras, caracterizadas pelos estames numerosos com filêtes em geral brancos relativamente compridos. Pétalas: brancas, pequenas. Fruto: baga, drupa, cápsula, aquênio, pixídio.

Exemplos: eucalipto (Fig. 92, 11) — *Eucalyptos spp.;* goiabeira — *Psidium guajava;* jambeira — *Jambosa vulgaris;* jaboticabeira — *Myrciaria jaboticaba;* pitangueira — *Stenocalyx*

michelii; guabirobeira — *Campomanesia xanthocarpa;* araçàzeiro — *Psidium variabile; cerejeira* — *Phyllocalyx lævigata.*

Fam. *Umbelliferæ:* Família da Salsa e Cenoura. Ervas com fôlhas compostas, aroma característico e bainha típica. Muito típicas são as inflorescências, umbelas compostas, formadas por numerosas flôres pequenas com pétalas brancas ou amarelas. Fórmula floral: K 5, C 5, A 5, G 2 S. Fruto: 2 aquênios. *Exemplos:* salsa (Fig. 92, 12) — *Petroselinum sativum;* erva-doce — *Pimpinella anisum;* funcho — *Fœniculum vulgare;* aipo — *Apium graveolens;* cenoura — *Daucus carota;* cicuta (venenosa) — *Conium maculatum.*

II. *Sympetalæ*

Fam. *Asclepiadaceæ:* Arbustos, ervas e trepadeiras com condutos laticíferos, freqüentemente com látex venenoso. Fôlhas: opostas-cruzadas, sem estípulas. Algumas espécies têm hábito cactáceo.

Fórmula floral: K 5, C(5) (A5 G 2). Os estames estão concrescidos com o ovário, formando um ginostêmio. Fruto: 2 folículos com sementes dotadas de pêlos sedosos.

Exemplos: flor-de-cêra — *Hoya carnosa;* estapélia (Fig. 93, 1) — *Stapelia gigantea,* e outras espécies, paina-de-sêda — *Araujia sericifera;* oficial-da-sala — *Asclepias curassavica.*

Fam. *Convolvulaceæ:* Ervas e arbustos sublenhosos volúveis ou rastejantes com fôlhas simples, cordiformes sagitadas, lobadas ou fendidas, sem indumento. Flôres hermafroditas, actinomorfas, pentâmeras, com cálice pequeno e corola vistosa. A corola é campanulada infundibuliforme, tubulada ou rotada. No botão fica contorcida à maneira de um cartucho de papel. Fruto: cápsula.

Exemplos: boas-noites — *Calonyction speciosum;* batata-doce — *Ipomœa batatas;* salsa-da-praia — *Ipomœa pescapræ;* campânula ou gramofone (Fig. 93, 2) — *Ipomœa cairica;* cipó-chumbo — *Cuscuta umbellata.*

Fam. *Verbenaceæ:* Arbustos, árvores e ervas de caule quadrangular e fôlhas opostas, simples, inteiras ou serradas, sem estípulas. Sòmente o gênero *Vitex* tem fôlhas digitadas. Fórmula floral: K(5); C(5); A 4; G(2), com corola rotada-labiada. Pistilo: terminal. Fruto: drupa, excepcionalmente cápsula.

Exemplos: verbena-melindre (Fig. 93, 3) — *Verbena chamædryfolia;* cidró — *Lippia citriadora;* gervão — *Stachytarpheta cayennensis;* pau-de-viola — *Cytharexylum cinereum;* teak ou teca —*Tectona grandis;* tarumã — *Vitex montevidensis.*

Fam. *Solanaceæ:* A família da Batata e do Tomate compreende ervas, arbustos e poucas árvores. As fôlhas são simples, muito variáveis quanto à forma, desprovidas de estípulas. Os galhos mostram *ramificação extra-axilar* As flôres são hermafroditas, actinomorfas ou levemente oblíquo-zigomorfas, pentâmeras. Muito características são as anteras compridas e os filêtes curtos dos estames. Fruto: baga ou cápsula.
Exemplos: beladona — *Atropa belladonna;* pimentão — *Capsicum annuum;* batata-inglêsa — *Solanum tuberosum;* Joá (Fig. 93, 4) — *Solanum sisymbrifolium;* tomateiro — *Solanum lycopersicum;* berinjela — *Solanum melongena;* mata-cavalo — *Solanum ciliatum;* estramônio — *Datura stramonium;* cartucheira — *Datura suaveolens;* fumo — *Nicotiana tabacum.*

Fam. *Bignoniaceæ:* Árvores, arbustos e trepadeiras com fôlhas compostas (raras vêzes simples), de posições opostas. As flôres, vistosas, são hermafroditas, pentâmeras, zigomorfas. Apresentam 4 estames férteis e um estaminódio. Fruto: síliqua com sementes achatadas, dotadas de asas membranáceas. Inflorescências: panícula ou espiga.
Exemplos: pente-de-macaco (Fig. 93, 5) — *Pithecoctenium mucronatum;* camarão — *Tecomaria capensis;* flor-de-são-joão — *Pyrostegia venusta;* caroba — *Jacaranda micrantha;* jacarandá — *Jacaranda acutifolia;* ipê-roxo — *Tabebuia ipe;* ipê-amarelo — *Tabebuia pulcherrima;* catalpa — *Catalpa ovata.*

Fam. *Rubiaceæ:* A família do café é composta de ervas, arbustos e árvores com fôlhas simples, inteiras, opostas-cruzadas. Entre cada par de fôlhas existem *estípulas interpeciolares*, cuja forma é extremamente variável. Flôres: hermafroditas, actinomorfas, pentâmeras ou tetrâmeras. Fruto: cápsula, baga ou drupa.
Exemplos: quina — *Cinchona calisaya;* limoeiro-do-mato — *Basanacantha spinescens;* jasmim-do-cabo — *Gardenia florida;* genipapo — *Genipa americana;* café (Fig. 93, 6) — *Coffea arabica*, e outras espécies; veludo — *Guettarda uruguensis;* ipecacuanha — *Uragoga ipecacuanha.*

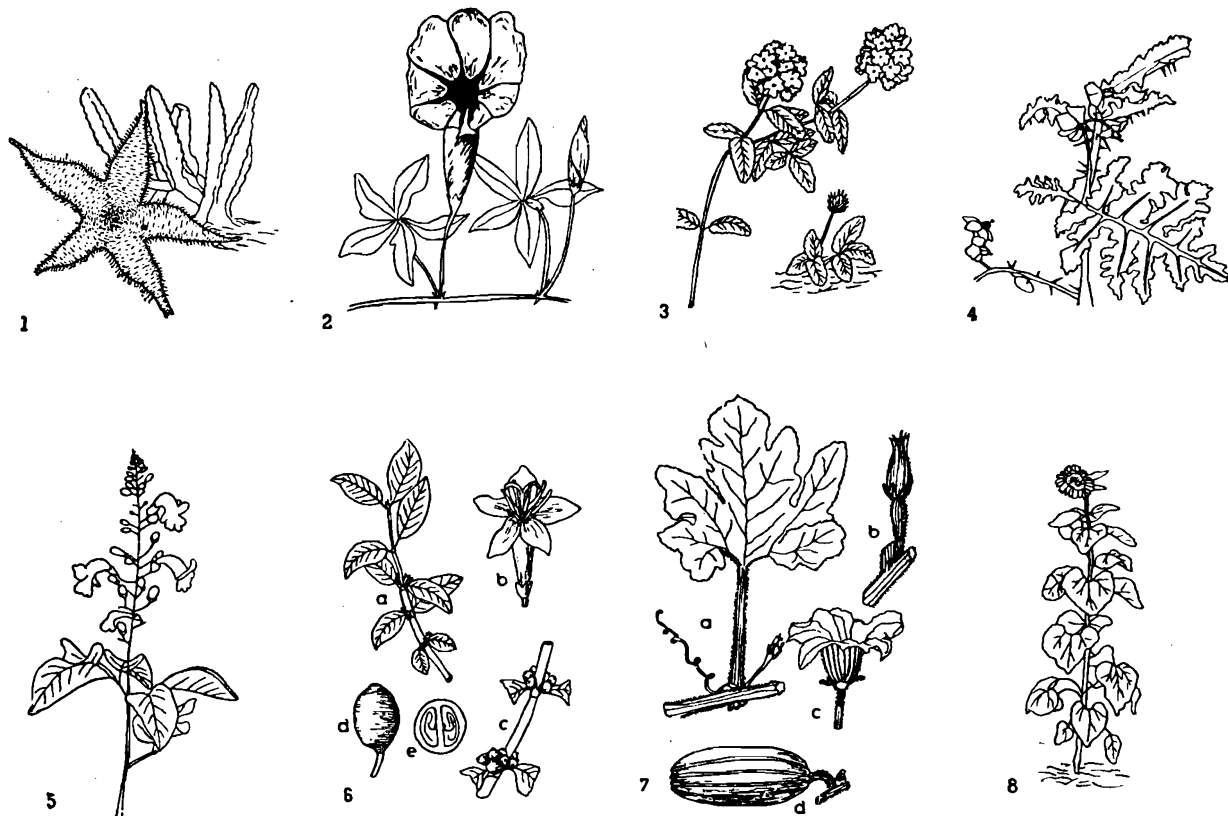



Fig. 93 — *Dicotyledonæ* — *Sympetalæ*. 1) — Stapelia gigantea; 2) Gramofone ou Campânula — Ipomœ cairica; 3) Verbena melindre — **Verbena Chamædryfolia**; 4) Joá — Solanum sisymbrifolium; 5) Pente-de-macaco — **Pithecoctenium mucronatum**; 6) **Cafèzeiro** — Coffea spec.: *a* = **galho florido**, *b* = **flor**, *c* = **galho** com frutos, *d* = **baga**, *e* = **corte transversal duma baga**; 7) Abóbora — **Cucurbita pepo**: *a* = **fôlha e ga**vinha, *b* = flor fechada, *c* = flor aberta, *d* — fruto; 8) Girassol — Helianthus annuus.

Fam. *Cucurbitaceæ:* Família da abóbora. Ervas rastejantes ou escandescentes com fôlhas alternantes seg. $^2/_5$; simples e de formas muito variáveis. Flôres: unissexuais com receptáculo campanulado e corola tubulosa, grande e vistosa. Fruto: baga grande e sucosa (pepônio).

Exemplos: abóbora (Fig. 93, 7) — *Cucurbita pepo*; melão — *Cucumis melo;* melancia — *Citrullus vulgaris;* pepino — *Cucumis sativus;* chuchu — *Sechium edule;* esfregão — *Luffa cylindrica;* porongo — *Lagenaria vulgaris.*

Fam. *Compositæ:* Ervas, arbustos e árvores com aparelho vegetativo extremamente variável. Flôres: hermafroditas ou unissexuais, pentâmeras, reunidas em capítulos que simulam flôres individuais. Fórmula floral: K 5, C 5, A(5) G I. Os estames concrescidos pelas anteras. Fruto: aquênio.

Exemplos: girassol (Fig. 93, 8) *Helianthus annuus;* guaco — *Mikania officinalis;* zabumba — *Zinnia elegans;* margarida — *Chrysanthemum leucanthemum;* dália — *Dahlia variabilis;* alcachôfra — *Cynara scolymus;* malmequer — *Aspilia buphthalmiflora,* e outras espécies; centáurea — *Centaurea cyanea;* camomila — *Matricaria chamomilla;* arnica — *Arnica montana;* losna — *Artemisia absynthium;* alface — *Lactuca sativa;* cambará — *Moquinia polymorpha.*

4. §. Principais famílias das monocotiledôneas

Fam. *Gramineæ:* Ervas (capins) com fôlhas lineares. Flôres nuas. Inflorescências compostas por espigas e panículas. Frutos: cariopses.

Exemplos: cana-de-açúcar (Fig. 94, 1) — *Saccharum officinarum;* trigo — *Triticum sativum;* arroz — *Oryza sativa;* milho — *Zea mays;* cevada — *Hordeum sativum;* centeio — *Secale cereale;* aveia — *Avena sativa;* bambu — *Bambusa arundinacea;* capins, em geral.

Fam. *Palmæ:* Árvores, com caules em forma de estípites, encimadas por uma copa de fôlhas penadas ou em forma de leque. Flôres trímeras com perianto de côr amarela. Inflorescência: panícula envôlta numa espata (bráctea) navicular. Fruto: baga ou drupa.

Exemplos: coqueiro-da-bahia (Fig. 94, 2) — *Cocos nucifera;* dendêzeiro — *Elæis guineensis;* carnaubeira — *Copernicia sericifera;* tamareira — *Phœnix dactylifera.*

Fam. *Araceæ:* Ervas terrestres ou epífitas com fôlhas de tamanho grande. Flôres unissexuais reunidas numa espádice envôlta por uma espata que simula uma corola floral.
Exemplos: copo-de-leite (Fig. 94, 3) — *Zantedeschia æthiopica;* cipó-imbé — *Philodendron bipinnatifidum;* inhame — *Alocasia indica;* banana-do-brejo — *Monstera deliciosa;* tinhorão — *Caladium bicolor; Pistia strathiotes.*

Fam. *Bromeliaceæ:* Epífitos ou ervas terrestres com fôlhas lineares reunidas numa roseta basal, afunilada. Flôres trímeras completas, com perianto colorido. Inflorescência: espiga ou panícula. Fruto: baga ou sincárpio. Endosperma da semente farinoso.
Exemplos: abacaxi (Fig. 94, 3) — *Ananas sativus;* cravo-do-mato — *Tillandsia æranthos;* gravatá — *Bromelia antiacantha.*

Fam. *Liliaceæ:* Ervas ou, excepcionalmente, árvores com fôlhas lineares em roseta basal e em espiral, ao redor do caule. Às vêzes, filódios. Flôres: trímeras, completas, em geral vistosas, com ovário súpero. Inflorescência: espiga, capítulo, etc. Fruto: cápsula ou baga. Endosperma não farinoso.
Exemplos: açucena (Fig. 94, 5) — Lilium longiflorum; aloés — *Aloe succotrina;* cebola — *Allium cepa;* cebolinha — *Allium fistulosum;* alho — *Allium sativum;* espargo (ornamental) — *Asparagus plumosus;* espargo (comestível) — *Asparagus officinalis.*

Fam. *Amaryllidaceæ:* Diferem das Liliáceas pelo ovário ínfero. Suas fôlhas alcançam comprimento superior a um metro nas agaves e piteiras. Freqüentemente, formam bulbos partenogenéticos em vez de frutos nas inflorescências (panícula).
Exemplos: agave (Fig. 94, 6) — *Agave americana;* piteira — *Fourcroya gigantea;* junquilho — *Narcissus pseudonarcissus.*

Fam. *Musaceæ:* A família das Bananeiras é caracterizada por rizomas que emitem fôlhas grandes, elípticas, ovóides ou lanceoladas, enroladas quando em botão. Os pecíolos foliares formam pseudotroncos. As flôres hermafroditas, trímeras, possuem 5 estames. Fruto: baga.
Exemplos: bananeira (Fig. 94,7) — *Musa spp.*; árvore-do-viajante — *Ravennala madagascariensis;* bananeira-rainha — *Strelitzia regina.*

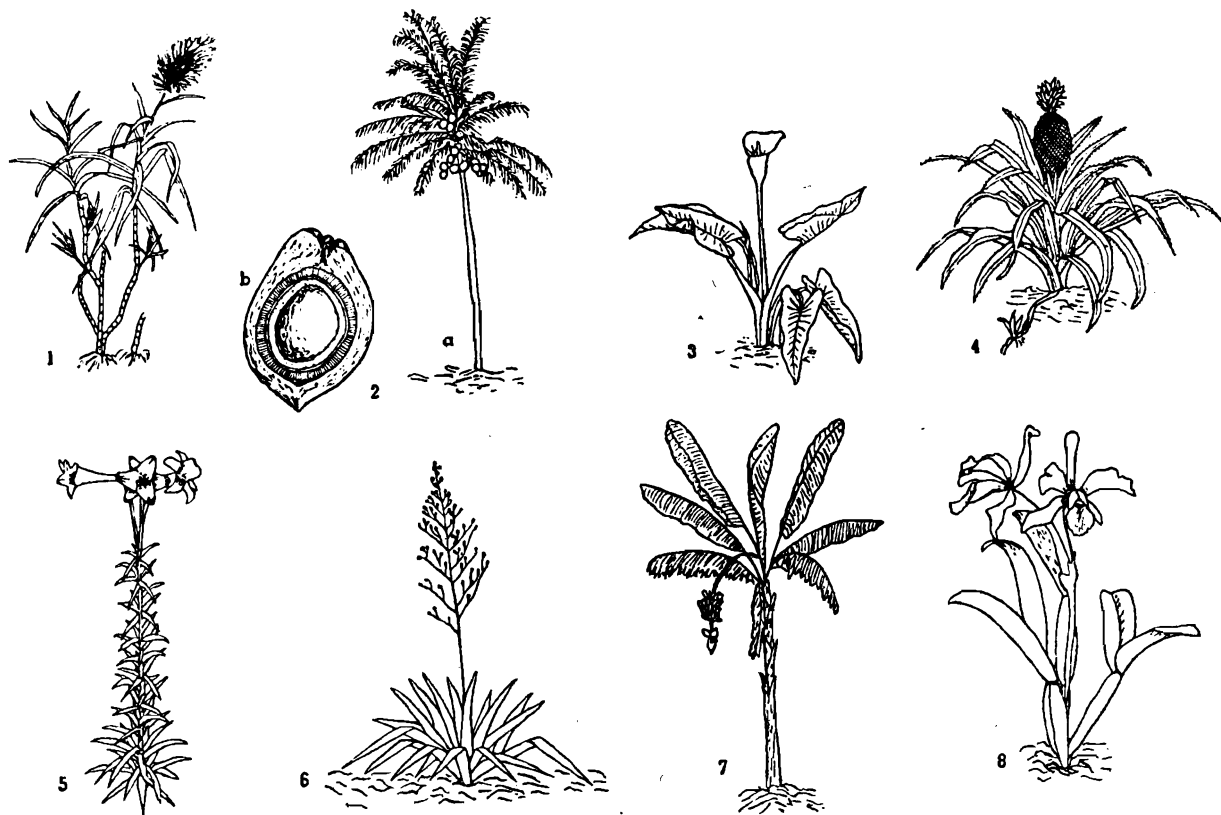



Fig. 94 — *Monocotyledonæ* 1) Cana-de-açúcar — Saccharum officinarum. 2) Côco-da-bahia — Cocus nucifera; a) árvore; b) corte através dum fruto. 3) Copo-de-leite — Zantedeschia æthiopica. 4) Abacaxi — Ananas sativus. 5) Açucena branca — Lilium longiflorum. 6) Agave — Agave americana. 7) Bananeira — Musa pardisíaca. 8) Orquídea — Lælia spec.

Fam. *Orchidaceæ:* Esta família composta por ervas epifíticas ou terrestres, às vêzes saprofíticas, contém as mais belas espécies de flôres conhecidas. São caracterizadas pelo concrescimento dos estames (1 ou 2 férteis) com o ovário, donde resulta a coluna ou ginostêmio. Uma das pétalas, maior que as demais, é dirigida para a frente. Denomina-se labelo. Fruto: cápsula com sementes extremamente pequenas.

Exemplos: As flôres maiores encontramos nos gêneros *Lælia* (Fig. 94,8) e *Cattleya.* Flôres amarelas, pequenas, porém numerosas, possui o gênero *Oncidium.*

ÍNDICE ALFABÉTICO

AS FIGURAS SÃO INDICADAS POR NEGRITO

D

N

O

P

Q

R

U

V

W

X

Y

Z